



Asignatura: Fotónica integrada y comunicaciones ópticas  
Código: 32302  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Materiales Avanzados, Nanotecnología y Fotónica  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 5

## ASIGNATURA / COURSE TITLE

Fotónica Integrada y Comunicaciones ópticas  
[Integrated photonics and optical communications](#)

### 1.1. Código / Course number

32032

### 1.2. Materia / Content area

Fotónica / [Photonics](#)

### 1.3. Tipo / Course type

Optativa / [Optional subject](#)

### 1.4. Nivel / Course level

Máster / [Master](#)

### 1.5. Curso / Year

1º / 1<sup>st</sup>

### 1.6. Semestre / Semester

Segundo / [Second](#)

### 1.7. Idioma / Lenguaje

Español/ In addition to Spanish, English is also extensively used in teaching material

### 1.8. Requisitos previos / Prerequisites

Licenciatura, Grado o Ingeniería.



Asignatura: Fotónica integrada y comunicaciones ópticas  
 Código: 32302  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Materiales Avanzados, Nanotecnología y Fotónica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 Nº de créditos: 5

## 1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / **Minimum attendance requirement**

La asistencia es obligatoria (80%) / **Attendance is mandatory (80%)**

## 1.10. Datos del equipo docente / **Faculty data**

Docente(s) / **Lecturer(s)**: Ginés Lifante Pedrola (coordinador / **coordinator**)  
 Departamento de Física de Materiales/ **Department of Physics of Materials**  
 Facultad de Ciencias/ **Faculty of Sciences**  
 Despacho 604- Módulo C-04/ **Office 604 - Module C-04**  
 Teléfono / **Phone**: +34 91 497 4783  
 Correo electrónico/**Email**: gines.lifante@uam.es  
 Página web/**Website**: None  
 Horario de atención al alumnado: Viernes, 16-17 h/**Office hours**: Friday, 16-17 h

Docente(s) / **Lecturer(s)**: Eugenio Cantelar Alcaide  
 Departamento de Física de Materiales/ **Department of Physics of Materials**  
 Facultad de Ciencias/ **Faculty of Sciences**  
 Despacho 513- Módulo C-04/ **Office 513 - Module C-04**  
 Teléfono / **Phone**: +34 91 497 6425  
 Correo electrónico/**Email**: eugenio.cantelar@uam.es  
 Página web/**Website**: None  
 Horario de atención al alumnado: Viernes, 16-17 h/**Office hours**: Friday, 16-17 h

## 1.11. Objetivos del curso / **Course objectives**

El objetivo de esta asignatura es conseguir/fomentar las competencias siguientes:

### Competencias Específicas / **Specific Competences**

#### Conceptuales / **Knowledge**

- Conocer el comportamiento de campos electromagnéticos en medios inhomogéneos.
- Comprender los fenómenos físicos derivados del confinamiento óptico por reflexión total interna en estructuras de dimensiones comparables a la longitud de onda de la luz.
- Comprender el concepto de estructuras ópticas guiadas.
- Asimilar el paso de componentes ópticos tradicionales a elementos de óptica integrada y fibras ópticas.
- Conocer determinados efectos físicos para el control de luz en elementos de óptica guiada.



Asignatura: Fotónica integrada y comunicaciones ópticas  
 Código: 32302  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Materiales Avanzados, Nanotecnología y Fotónica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 Nº de créditos: 5

### Procedimentales / Skills

- Comprender las aproximaciones involucradas en la descripción de la propagación de luz en estructuras guiadas.
- Saber analizar los distintos elementos y componentes en fotónica integrada y fibras ópticas.
- Conocer los fundamentos de las redes de comunicaciones basadas en fibras ópticas.

A través de la metodología docente empleada y las actividades formativas desarrolladas a lo largo del curso, el estudiante, al finalizar el mismo, será capaz de:

- Alcanzar las competencias generales y específicas de la materia y adquirir los conocimientos teóricos y prácticos descritos en sus contenidos.
- Desarrollar las competencias de carácter personal, interpersonal y vinculado al desarrollo ético y responsable de la profesión.

Estos resultados de aprendizaje contribuyen a la adquisición de las siguientes competencias del título:

#### BÁSICAS Y GENERALES

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el 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.

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a materiales avanzados con especial interés en Nanotecnología y Fotónica.

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de los materiales de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Nanotecnología y Fotónica.



Asignatura: Fotónica integrada y comunicaciones ópticas  
 Código: 32302  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Materiales Avanzados, Nanotecnología y Fotónica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 Nº de créditos: 5

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos.

#### ESPECÍFICAS

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Fotónica y la Nanotecnología.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Fotónica y la Nanotecnología para fomentar la integración multidisciplinar en áreas tales como la medicina, el medioambiente, la biomedicina, la química y la biología.

11 - Dominar los fundamentos teóricos y prácticos de técnicas con las que se pueda realizar la caracterización de materiales tanto química y de la estructura electrónica, como morfológica, composicional y estructural.

12 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a los Nanomateriales y materiales Fotónicos.

13 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales semiconductores y magnéticos y dispositivos electrónicos y opto-electrónicos de elevadas prestaciones.

## 1.12. Contenidos del programa / **Course contents**

### PROGRAMA SINTÉTICO

**Tema 1.- Introducción**

**Tema 2.- Teoría de guías de onda. Modos de propagación.**

**Tema 3.- Propagación de luz en guías de onda y fibras ópticas.**

**Tema 4.- Fabricación de circuitos ópticos integrados y fibras ópticas.**

**Tema 5.- Técnicas de caracterización.**

**Tema 6.- Componentes ópticos integrados.**

**Tema 7.- Efectos no lineales en fibras ópticas.**

**Tema 8.- Redes de transmisión**

**Tema 9.- Prácticas de laboratorio.**

**Tema 10.- Dispositivos en Fotónica Integrada y Comunicaciones Ópticas.**



Asignatura: Fotónica integrada y comunicaciones ópticas  
 Código: 32302  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Materiales Avanzados, Nanotecnología y Fotónica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 N° de créditos: 5

## PROGRAMA DETALLADO

### Tema 1.- Introducción

- Reflexión Total
- Guías Planas
- Guías Acanaladas
- Fibras Ópticas

### Tema 2.- Teoría de guías de onda. Modos de propagación.

- Modelo de Rayos y EM
- Guías Planas: Modos TE y TM. Pérdidas
- Guías Acanaladas: Índice Efectivo
- Fibras Ópticas: Apertura Numérica. Modos

### Tema 3.- Propagación de luz en guías de onda y fibras ópticas.

- El método de propagación de haces ("Beam propagation method")
- BPM basado en transformadas de Fourier
- BPM basado en el método de diferencias finitas.
- Extensiones de BPM: 3D-BPM, materiales anisótropos y no-lineales.

### Tema 4.- Fabricación de circuitos ópticos integrados y fibras ópticas.

- Guías Planas: Difusión: Metálica, Out-diffusion, Intercambio Iónico, Implantación Iónica, MBE, Spin coating, LB, ...
- Guías Acanaladas: Masking, Etching Químico, Ion Milling
- Fibras ópticas

### Tema 5.- Técnicas de caracterización.

- Caracterización del Material. Rayos X, RBS, SIMS, EDAX. Absorción, Emisión
- Perfiles de Índice. Modos Oscuros y Brillantes. Campo lejano y Cercano
- Elipsometría
- Pérdidas. End-coupling. Método de tres prismas. Fabry-Perot. Cámara

### Tema 6.- Componentes ópticos integrados.

- Dispositivos Pasivos
  - Circuitos de luz: Guías Acanaladas
  - Guías curvas, uniones-Y, MMI, AWG.
- Dispositivos Activos
  - Acoplador Direccional
  - Moduladores
  - Amplificadores, Láseres
  - SHG
  - Sensores

### Tema 7.- Efectos no lineales en fibras ópticas.



Asignatura: Fotónica integrada y comunicaciones ópticas  
 Código: 32302  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Materiales Avanzados, Nanotecnología y Fotónica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 N° de créditos: 5

- Propiedades lineales: Atenuación espectral, dispersión cromática, dispersión por polarización del modo.
- Efectos no lineales: Difusión Raman estimulada y difusión Brillouin estimulada.
- Generación de supercontinuo.

#### Tema 8.- Redes de transmisión.

- Aumento en la capacidad de transmisión: Multiplexado.
- Topologías y componentes de las redes de transmisión.
- Fenómenos no lineales en transmisión óptica.
- All optical networks.

#### Tema 9.- Prácticas de laboratorio.

#### Tema 10.- Dispositivos en Fotónica Integrada y Comunicaciones Ópticas.

### PRÁCTICAS DE LABORATORIO

#### Contenidos Prácticos (Tema 9)

- Prácticas y experiencias de laboratorio con componentes fotónicos integrados y de fibras ópticas. Experimentación dedicada al aprendizaje de la metodología y de las técnicas de medida empleadas en fotónica integrada y en tecnologías de fibras ópticas.

### 1.13. Referencias de consulta / Course bibliography

#### Bibliografía.

- [1] *Optical Integrated Circuits*, H. Nishihara, M. Haruna y T. Suhara. Ohmsha, Ltd. (McGraw Hill) 1985
- [2] *Integrated Photonics: Fundamentals*, G. Lifante. John Wiley & Sons, 2003.
- [3] *Ferroelectric Thin-Film Waveguides in Integrated Optics and Optoelectronics*, A.M. Prokhorov, Y.S. Kuz'minov y O.A. Khachatryan. Cambridge International Science Publishing 1996.
- [4] *Introduction to Glass Integrated Optics*, S. Iraj Najafi. ARTECH HOUSE, INC, 1992.
- [5] *Electromagnetic Principles of Integrated Optics*, D. L. Lee, John Wiley & Sons, 1986.
- [6] *Optical Electronics*, A.K. Ghatak y K. Thyagarajan. Cambridge University Press, 1989.
- [7] *Optical Electronics*, A. Yariv. CBS College Publishing, 1985.
- [8] *Optoelectronics: An Introduction*, J. Wilson & J.F.B. Hawkes, Prentice Hall, 1989.



Asignatura: Fotónica integrada y comunicaciones ópticas  
 Código: 32302  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Materiales Avanzados, Nanotecnología y Fotónica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 N° de créditos: 5

**Página Web de la Asignatura:** no disponible por el momento.

## 2. Métodos docentes / Teaching methodology

La enseñanza y el aprendizaje de la asignatura se estructurarán por medio de clases teóricas, resolución de problemas y presentación de trabajos, y también por medio de la realización de una serie de prácticas en el laboratorio.

### • Actividades Presenciales

- Clases teóricas  
En las clases teóricas el profesor explicará los conceptos esenciales contenidos en el programa de la asignatura
- Clases prácticas  
Las clases prácticas estarán orientadas hacia la resolución de problemas específicos derivados de la aplicación del contenido de las clases teóricas. Los problemas se propondrán previamente a los alumnos para que intenten resolverlos con anterioridad.
- Prácticas de laboratorio  
Las prácticas en el laboratorio pretenden afianzar los conocimientos teóricos adquiridos en las otras actividades presenciales, así como familiarizarse con los dispositivos fotónicos objeto de esta asignatura.

### • Actividades Dirigidas

- Trabajos individuales o en grupo  
Se propondrán trabajos a los estudiantes, que estos realizarán individualmente o en grupo. Los estudiantes deberán desarrollar un tema a partir de referencias bibliográficas. Los temas propuestos serán siempre de profundización y/o ampliación de los conceptos básicos de las clases teóricas y se expondrán, a modo de seminario, ante los compañeros.
- Tutorías  
Durante las tutorías, se atenderán las dudas de los alumnos y se darán, si es preciso, indicaciones sobre cómo preparar los trabajos propuestos.

## 3. Tiempo de trabajo del estudiante / Student workload

		Nº de horas	Porcentaje
Presencial	Clases teóricas	36 h	33% = 42h
	Clases prácticas		
	Prácticas de laboratorio	6 h	



Asignatura: Fotónica integrada y comunicaciones ópticas  
 Código: 32302  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Materiales Avanzados, Nanotecnología y Fotónica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 N° de créditos: 5

No presencial	Estudio semanal (8h/semana x 6 semanas)	48 h	67% = 83h
	Realización de informes	35 h	
Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 5 ECTS		125 h	

#### 4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / Evaluation procedures and weight of components in the final grade

- Descripción detallada del procedimiento para la evaluación.
- En la convocatoria ordinaria, los contenidos de la asignatura se evaluarán a partir de:
  - i) Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, sobre temas actuales abordados en la asignatura (70-100% de la calificación final). El trabajo se presentará por escrito y será expuesto públicamente, donde cada una de estas pruebas supondrá el 50%.
  - ii) Realización de un examen escrito al final del curso (0-30% de la calificación final).

La calificación final para superar la asignatura debe ser de 5 sobre 10.

El alumno habrá consumido la convocatoria ordinaria en cuanto participe de cualquier actividad evaluable.

La evaluación en convocatoria extraordinaria se llevará a cabo mediante examen escrito sobre los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura.

Los resultados de aprendizaje serán evaluados a lo largo del curso mediante los métodos de evaluación arriba expuestos.

- En la presentación de trabajos se evaluará la capacidad de análisis y síntesis, de búsqueda bibliográfica y selección de información, elaboración del informe, presentación e interpretación de resultados. Se valorará especialmente el espíritu crítico. Se evaluarán las competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7

- En la prueba escrita se evaluarán los resultados del aprendizaje relacionados con la adquisición de contenidos teóricos y su aplicación a la resolución de problemas, así como el análisis crítico y la capacidad de síntesis.

#### 5. Cronograma\* / Course calendar





Asignatura: Fotónica integrada y comunicaciones ópticas  
 Código: 32302  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Máster en Materiales Avanzados, Nanotecnología y Fotónica  
 Nivel: Máster  
 Tipo: Optativa  
 Nº de créditos: 5

Tema	Tipología	Horas Presenciales Contact hours	Horas no presenciales Independent study time
1	Clases Teóricas	2	0
2	Clases Teóricas	4	4
	Clases Prácticas	1	3
3	Clases Teóricas	4	4
	Clases Prácticas	2	6
4	Clases Teóricas	4	5
5	Clases Teóricas	3	4
6	Clases Teóricas	4	4
	Clases Prácticas	1	3
7	Clases Teóricas	4	5
8	Clases Teóricas	3	4
9	Prácticas de laboratorio	6	6
10	Presentaciones	4	35

\*Este cronograma tiene carácter orientativo.