

# Estudios

## Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen

Plan de Estudios  
Horarios de Teoría  
Exámenes

**Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen**  
**Plan de Estudios**

Para recibir el título de Máster los estudiantes han de cursar y demostrar aprovechamiento de al menos 60 ECTS, compuesto por un Módulo de Tecnologías Ópticas (36 ECTS) de carácter obligatorio, y al menos 12 ECTS de materias optativas del Módulo de Especialidades en Óptica. El Máster se completa con la elaboración y defensa pública del Trabajo Fin de Máster obligatorio (12 ECTS).

Módulo	Materia	Asignaturas	Créditos	Periodo de Impartición
<b>Módulo Obligatorio</b> Tecnologías Ópticas	Óptica Avanzada	Fotónica y Tecnologías Láser	6	1 <sup>er</sup> semestre
		Óptica Avanzada	6	1 <sup>er</sup> semestre
		Teoría Difraccional de la Imagen	6	2 <sup>o</sup> semestre
	Técnicas y Herramientas en Óptica	Métodos Matemáticos en Óptica	6	1 <sup>er</sup> semestre
		Técnicas Experimentales en Óptica	6	1 <sup>er</sup> semestre
		Diseño Optomecánico	6	2 <sup>o</sup> semestre
<b>Módulo Optativo</b> Especialidades en Óptica	Especialidades en Óptica	Iluminación y Color	6	2 <sup>o</sup> semestre
		Métodos Ópticos de Medida	6	2 <sup>o</sup> semestre
		Procesado de Imágenes	6	2 <sup>o</sup> semestre
<b>Módulo Obligatorio</b> Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	12	2 <sup>o</sup> semestre

**Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen**  
**Horarios de Teoría. Curso 2018-2019**

Primer Cuatrimestre (Aula 103 excepto Trabajo Fin de Máster)					
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes
15,30-16	<b>Fotónica y Tecnologías Láser</b> <i>Juan Carlos Martínez</i> <i>Javier Alda</i>	<b>Técnicas Experimentales en Óptica</b> <i>Natalia Díaz</i> <i>Juan Carlos Martínez</i> <i>José Manuel Alonso</i>	<b>Métodos Matemáticos en Óptica</b> <i>Almudena de la Torre</i>	<b>Óptica Avanzada</b> <i>José Manuel Alonso</i>	<b>Trabajo de Fin de Máster</b> <i>Aula de informática 204</i>
16-16,30					
16,30-17					
17-17,30					
17,30-18					
18-18,30					

Segundo Cuatrimestre (Aula103 excepto Procesado de Imágenes)					
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes
15,30-16	<b>Diseño Optomecánico</b> <i>Tomás Belenguer</i>	<b>Teoría Difraccional de la Imagen</b> <i>Ana Manzanares</i>	<b>Procesado de Imágenes</b> <i>Aula de informática 204</i> <i>José Antonio Gómez</i> <i>Agustín González</i> <i>Héctor Canabal</i>	<b>Iluminación y Color: Aplicaciones Industriales</b> <i>Daniel Vázquez</i> <i>José Miguel Ezquerro</i>	<b>Métodos Ópticos de Media</b> <i>Ana Manzanares, Juan Carlos Martínez</i> <i>y Agustín González</i>
16-16,30					
16,30-17					
17-17,30					
17,30-18					
18-18,30					

**Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen**  
**Exámenes. Curso 2018-2019**

**Convocatoria de Enero**

<b>DÍA</b>	<b>HORA</b>	<b>ASIGNATURA</b>
<i>23 de enero martes</i>	<i>15:30</i>	Fotónica y Tecnologías Láser
<i>30 de enero martes</i>	<i>15:30</i>	Métodos Matemáticos en Óptica
<i>2 de febrero viernes</i>	<i>15:30</i>	Óptica Avanzada
<i>7 de febrero miércoles</i>	<i>15:30</i>	Técnicas Experimentales en Óptica

**Convocatoria de Mayo-Junio**

<b>DÍA</b>	<b>HORA</b>	<b>ASIGNATURA</b>
<i>20 de mayo lunes</i>	<i>15:30</i>	Métodos Ópticos de Medida
<i>23 de mayo jueves</i>	<i>15:30</i>	Teoría Difraccional de la Imagen
<i>27 de mayo lunes</i>	<i>15:30</i>	Procesado de Imágenes
<i>30 de mayo jueves</i>	<i>15:30</i>	Iluminación y Color
<i>3 de junio lunes</i>	<i>15:30</i>	Diseño Optomecánico

**Convocatoria de Junio-Julio**

<b>DÍA</b>	<b>HORA</b>	<b>ASIGNATURA</b>
<i>17 de junio lunes</i>	<i>15:30</i>	Fotónica y Tecnologías Láser
<i>19 de junio miércoles</i>	<i>15:30</i>	Métodos Matemáticos en Óptica
<i>20 de junio jueves</i>	<i>15:30</i>	Iluminación y Color
<i>24 de junio lunes</i>	<i>15:30</i>	Métodos Ópticos de Medida
<i>26 de junio miércoles</i>	<i>15:30</i>	Teoría Difraccional de la Imagen
<i>27 de junio jueves</i>	<i>15:30</i>	Procesado de Imágenes
<i>1 de julio lunes</i>	<i>15:30</i>	Técnicas Experimentales en Óptica
<i>3 de julio miércoles</i>	<i>15:30</i>	Diseño Optomecánico
<i>4 de julio jueves</i>	<i>15:30</i>	Óptica Avanzada

# Estudios

Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen

Programas

## **Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas Diseño Optomecánico**

Tipo (Obligatoria, Optativa): Obligatoria  
Créditos ECTS: 6  
Semestre: 2º  
Departamento: Óptica

### **Observaciones/aclaraciones por Módulo o Materia**

Las clases se imparten en el aula de informática. Tras una presentación en formato ppt los estudiantes utilizan programas de cálculo óptico para aplicar los conocimientos adquiridos.

### **Descripción de las Competencias y Resultados del Aprendizaje**

Se pretende dar conocimientos que permitan diseñar sistemas ópticos corregidos de aberraciones, cumpliendo ciertas especificaciones, desde el anteproyecto del sistema hasta los datos de fabricación, pasando por las etapas de elección del sistema óptico apropiado, corrección de aberraciones, cálculo de tolerancias y especificación de componentes.

### **Programa**

#### **Teórico**

- Marcha exacta de rayos.
- Cálculo de aberraciones.
- Aberraciones de tercer orden.
- Función de transferencia de modulación.
- Aberración de onda.
- Especificación de un sistema óptico.
- Métodos de optimización.
- Materiales ópticos.
- Fabricación de elementos ópticos.
- Cálculo de tolerancias.
- Norma ISO10110.
- Control de calidad de fabricación.
- Programas de cálculo óptico.
- Diseño de sistemas objetivos.
- Diseño de sistemas de visión directa.
- Sistemas opto electrónicos.
- Sistemas catadióptricos.

#### **Práctico**

- Tras la presentación teórica se aplican en cada clase los conocimientos adquiridos en diversos programas de cálculo. Se proponen ejercicios para desarrollar por el estudiante.
- Utilización de programas de ordenador de desarrollo propio sobre:
  - Materiales Ópticos (Vidrios y Plásticos).
  - Diseño de Lentes Delgadas.
  - Diseño de Lentes Gruesas.
  - Diseño de Dobleles Pegados y Despegados.
- Utilización de programas comerciales de cálculo óptico:
  - OSLO (preferido por ser de acceso libre en modalidad EDU).
  - Otros programas, como Zemax y CODEV (disponibles en número limitado de puestos).

### **Bibliografía**

- Robert F. Fischer, Bijana Tadic, (2000), Optical System Design, SPIE Press, McGraw-Hill.
- Robert Rennie Shannon, (1997), The Art and Science of Optical Design-Cambridge University Press.
- Daniel Malacara, Zacarias Malacara, (2003), Handbook of Optical Design-Marcel Dekker.
- Warren J. Smith, (1997), Practical System Design Layout, McGraw-Hill.
- Pantazis Mouroulis, John MacDonald, (1996), Geometrical Optics and Optical Design, Oxford University Press.

- Paul R. Yoder, (1992), Opto-Mechanical System Design, Marcel Dekker.
- Anees Ahmad, (1996), Handbook of Optomechanical Engineering.
- James E. Stewart, (1996), Optical Principles and Technology for Engineers, Marcel Dekker.

### **Sistemas de Evaluación**

- Trabajos tutelados de clase: 30%.
- Exámenes propuestos: 30%.
- Trabajo final: 40%.

### **Actividades Formativas con su Contenido en ECTS, su Metodología de Enseñanza y Aprendizaje, y su Relación con las Competencias que debe Adquirir el Estudiante**

- Trabajo personal del alumnado: 105 h.
- Teoría y problemas: 15 h.
- Trabajo práctico con ordenador en clase: 30 h.

## Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas Fotónica y Tecnologías Láser

Tipo (Obligatoria, Optativa): Obligatoria  
Créditos ECTS: 6  
Semestre: 1º  
Departamento: Óptica

### Descripción de las Competencias y Resultados del Aprendizaje

El objetivo es que el estudiante sea capaz de:

- Resolver diferentes situaciones de transferencia de energía luminosa (o radiación), bajo un esquema genérico de: Emisor + sistema óptico + detector, atendiendo a variables y magnitudes radiométricas. Conocerá los principios de funcionamiento y sabrá caracterizar emisores y detectores por medio de parámetros y magnitudes de interés según la aplicación.
- Conocerá diferentes principios y tecnologías **de control de la radiación** en su propagación a través de medios materiales, así como sus aplicaciones más habituales. Tendrá una visión en conjunto de las aplicaciones donde la fotónica juega un papel relevante.
- Conocerá los principios de funcionamiento, características y tipos de emisores láser, así como el ámbito tecnológico de aplicación.

### Programa

#### Teórico

##### Tema 1: Emisión y detección de luz

Mecanismos de emisión. Emisores y figuras de mérito. Emisión térmica y termometría infrarroja. Mecanismos de Detección: Detectores térmicos y fotoeléctricos. Figuras de mérito de detectores: Responsividad, ruido, detectividad ( $D^*$ )..., Materiales semiconductores. Fotoconductores. La unión p-n. El fotodiodo. El emisor LED. Caracterización de emisores.

##### Tema 2: Tecnologías láser

Fundamentos de la emisión láser. Características de la emisión láser. Tipos de láseres. Aplicaciones del láser en la industria, en medicina y en telecomunicaciones.

##### Tema 3: Control de la radiación luminosa

Tecnologías de modulación. Efectos piezo-ópticos, acusto-ópticos, electro-ópticos y magneto-ópticos. Óptica no lineal. Guías y fibras ópticas. Comunicaciones ópticas. Dispositivos de modulación. Multiplexores y acopladores de luz.

##### Tema 4: Usos y aplicaciones de las tecnologías fotónicas

Tecnologías de infrarrojo: Termometría IR, detección de gases, detección de movimiento, etc. Conversión de energía solar (fotovoltaica y térmica). *Displays* y tecnologías de imagen. Litografía. Otras tecnologías fotónicas (micro-óptica, cristales fotónicos, pinzas ópticas, etc.).

#### Práctico

**Práctica 1:** Laboratorio de emisores y detectores y manejo de magnitudes radiométricas.

**Práctica 2:** Emisión térmica y termometría IR.

**Práctica 3:** Dispositivos de modulación y tecnologías láser.

**Práctica 4:** Se acordará la realización de un trabajo práctico específico basado en las propuestas del profesor o las del estudiante y se realizará con carácter individual o en grupos. Los resultados del trabajo deberán ser presentados por escrito y en algún caso también en forma oral.



## Bibliografía

- Ross McCluney, Introduction to radiometry and photometry, Artech House, 1994.
- S. O. Kasap, Optoelectronics and photonics (principles & practices), McGraw-Hill, 2002.
- B. E. A. Saleh, M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, John Wiley & Sons Inc, 2007.
- G. Boreman, Fundamentos de electro-óptica para ingenieros, SPIE Press, 1999.
- Thomas P. Pearsall, Photonic Essentials, McGraw-Hill, 2003.
- E. Dereniak, G. Boreman, Infrared detectors and systems, Wiley, 1996.
- Arnold Daniels, Field guide to Infrared Systems, SPIE Press, 2007.
- Chris A. Mack, Field guide to Optical Lithography, SPIE Press, 2006.
- J. M. Cabrera, F. Agullo, F. Jesús, Óptica Electromagnética II. Materiales y Aplicaciones, Addison Wesley, 2000.
- S. O. Kasap. Principles of Electronics Materials and Devices, McGraw-Hill, 2002.

## Sistemas de Evaluación

- Evaluación de contenidos teóricos, problemas y trabajos tutelados: 75%.
- Realización de prácticas de laboratorio: 25%.

## Actividades Formativas con su Contenido en ECTS, su Metodología de Enseñanza y Aprendizaje, y su Relación con las Competencias que debe Adquirir el Estudiante

**Actividad Presencial:** 45 horas.

- Impartición de contenidos teóricos en aula: 30 horas.
- Realización de prácticas en laboratorio: 15 horas.

**Actividad no Presencial o Trabajo Personal:** 105 horas.

Se considera adecuada una repartición de trabajo en una proporción similar a la siguiente:

- **25** horas de **estudio de la teoría** a partir de lo explicado en aula y del material docente suministrado y/o bibliografía accesible.
- **25** horas utilizadas en la **resolución de problemas y supuestos prácticos sencillos**.
- **50** horas utilizadas en la realización de **trabajos entregables** más elaborados.
- **5** horas de consulta en **tutoría** personalizada por estudiante.

## **Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas**

# **Iluminación y Color: Aplicaciones Industriales**

Tipo (Obligatoria, Optativa): Optativa  
Créditos ECTS: 6  
Semestre: 2º  
Departamento: Óptica

### **Descripción de las Competencias y Resultados del Aprendizaje**

Conocimiento de las nuevas tecnologías empleadas en iluminación: LED, fibra óptica, iluminación natural. El alumnado aplicará de forma práctica, los conocimientos adquiridos sobre las propiedades de las fuentes luminosas clásicas y nuevas. Conocimientos relacionados con la fotometría y la colorimetría. Sistemas de cálculo y simulación. Aprenderá el manejo de diferentes herramientas informáticas de cálculo fotométrico y colorimétrico de aplicación industrial.

El alumnado adquirirá competencias en el manejo de los diferentes instrumentos de medida fotométrica y del color.

Capacitación para el desarrollo de dispositivos de Iluminación.

El estudiante será capaz de integrar, aplicar los conocimientos adquiridos y formular juicios sobre los diferentes ámbitos tratados.

### **Programa**

#### **Teórico**

**Tema 1:** Iluminación y color. Trivariancia visual. Colorimetría. Fuentes de luz. Luminarias. Iluminación natural. Colorimetría aplicada.

**Tema 2:** Nuevas fuentes de luz de estado sólido. LED. Tipos de LED. Características espectrales. Comportamiento térmico. Criterios de diseño de sistemas basados en fuentes LED. Fuentes OLED. Estructura básica características fotométricas. Ventajas e inconvenientes. Tecnologías relacionadas. Implementación en matrices. Aplicaciones industriales.

**Tema 3:** Caracterización colorimétrica y fotométrica avanzada. Sistemas basados en medidas de luminancia por procesamiento de imagen. Imágenes multiespectrales. Medidas en tiempo real. Escaneado tridimensional de luminancias.

**Tema 4:** Modelos de iluminación natural y eficacia energética. Ventajas e inconvenientes de la luz natural considerando movimiento solar y modelos de cielo. Entornos de aplicación. Sistemas de captación y guiado. Dispositivos ópticos de alta eficiencia. Luz guiada. Heliostatos. Evaluación y caracterización de dispositivos de iluminación natural. Diseño de proyectos basados en la luz natural. Entornos de aplicación. Normativas. Evaluación del deslumbramiento y confort. Eficiencia energética. Sistemas inteligentes. Integración de sensores y usuarios. Evaluación energética e impacto ambiental.

**Tema 5:** Producción y visualización del color en pantallas. Gestión digital de color. Caracterización del color en cámaras CCD y CMOS. Avances en la producción y percepción del color. Producción del color en diferentes tipos de pantallas, tanto de pequeño como de gran formato: Cine, LED, OLED, DLP y LCD. Manipulación digital del color. Caracterización de sistemas de visualización colorantes industriales.

**Tema 6:** Aplicaciones industriales en iluminación y color. Sistemas de captura y procesamiento de color. Colorimetría digital. Sistemas y metodologías de medida. Imágenes a color en cámaras y en escáneres. Fuentes de error en colorimetría. Capacidad de los sistemas de adquisición. Programas de software para análisis colorimétrico. Imágenes multiespectrales aplicadas en la industria. Sistemas de impresión en color. El color en la industria impresa. Obtención y manipulación del color mediante aditivos colorantes. Teorías y modelos de cambio de color. Composición y características de los colorantes industriales. Tecnologías de impresión. Calidad y veracidad de los espacios de color. Impresión en alta definición. El color en impresoras 3D.

**Tema 7:** El color en controles de calidad. Determinación de color en entornos industriales. Correlación del color con factores de calidad en diversos sectores: agroalimentación, vehículos, iluminación, tejidos, marketing, salud.

## Práctico

**Práctica 1:** Diseño análisis de Iluminación utilizando la herramienta informática "TracePro".

**Práctica 2:** Cálculo y simulación de dispositivos e instalaciones de iluminación utilizando la herramienta informática "LightTools".

**Práctica 3:** Práctica de igualación de color.

**Práctica 4:** Medida de los espectros de absorción y reflexión de diferentes muestras utilizando un espectrómetro de fibra óptica.

**Práctica 5:** Evaluación y cálculo del deslumbramiento

**Práctica 6:** Cálculo de iluminación natural. Simulación por ordenador.

## Bibliografía

### General

- J. M. Artigas, Óptica fisiológica, McGraw-Hill, 1995.
- J. M. de las Casas, Curso de Iluminación integrada en arquitectura, COAM.

### Específica

- Noburo Ohta, Alan R. Robertson, Colorimetry, John Wiley & Sons, 2005.
- M. D. Fairchild, Color appearance models, John Wiley & Sons, ISBN 0-470-01216-1, 2005.
- Berns, R. S.: Billmeyer & Saltman's Principles of Color Technology. 3rd Ed. New York: John Wiley and Sons, 2000.
- McDonald, R.: Color physics for industry. 2nd Ed. Bradford: Society of Dyers and Colourists, 1997.
- Schanda, J.: Colorimetry; understanding the CIE system. New York: John Wiley & Sons, 2007. 7.
- McDonald, R.: Color physics for industry. 2nd Ed. Bradford: Society of Dyers and Colourists, 1997.
- Gilabert, E.: Medida de la luz y el color. Vol 1: Teoría, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2007. M. Gandolfo, "Introducción al alumbrado", Philips Ibérica.
- CEI, El libro blanco de la iluminación, (2015).
- D. L. Dilaura, IES Lighting Application volume, ISBN 978-087995-241-9, (2011).
- D. C. Pritchard, Lighting, Longman Group Limited (1990).
- J. W. T. Walsh, Photometry, Dover publications (1965).

## Sistemas de Evaluación

Examen teórico (Teoría y problemas): 30%.

Prácticas: 30%.

Valoración de trabajos tutelados: 40%.

## Actividades Formativas con su Contenido en ECTS, su Metodología de Enseñanza y Aprendizaje, y su Relación con las Competencias que debe Adquirir el Estudiante

**Horas Presenciales:** 45 (30%).

**Horas de teoría:** 20 h. Las horas de teoría se imparten en un aula en sesiones de 2 horas durante 15 semanas. En primer lugar, se pretende sintetizar de una manera sencilla y clara los principios fundamentales en los que se basan: Sistemas de iluminación actuales, diseño y tendencias, percepción del color, colorimetría y aplicación industrial. A partir de esta síntesis, se ampliarán los conocimientos de la materia adquiridos en el ciclo correspondiente al grado.

**Horas de prácticas:** 20 h. Las prácticas se dividen en sesiones en las que se realizarán estimaciones numéricas de diferentes parámetros desarrollados en las clases teóricas, estas prácticas se llevarán a cabo en el aula de informática y en el laboratorio de iluminación y color. En el aula de informática se llevarán a cabo los cálculos más habituales en iluminación y colorimetría y se procesarán los datos y resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio. En el laboratorio se realizarán medidas fotométricas de muestras y espectros de diferentes fuentes de luz, así como experiencias de síntesis aditiva de colores. Se realizarán prácticas de cálculo de sistemas de iluminación, tanto de dispositivos como de instalaciones.

**Tutorías:** 2.5 h Serán presenciales y a través del Campus Virtual y correo electrónico. Están destinadas a atender las dificultades y dudas que el estudiante tenga en la asimilación de los contenidos del curso, en la realización de los informes de prácticas y trabajos personales. Permiten realizar un seguimiento individual del estudiante.

**Presentación y defensa de un trabajo dirigido:** 2.5 h. Al finalizar el curso, el estudiante debe exponer y defender públicamente delante de sus compañeros un trabajo técnico sobre los contenidos de la asignatura. La duración de la exposición se ajustará a un tiempo determinado, de manera que, posteriormente a la exposición, se establecerá un debate. Competencias a adquirir: Destrezas en la elaboración, exposición y defensa de un trabajo académico-científico. Adquirir capacidad para desarrollar labores teóricas y prácticas relacionadas con los contenidos de la asignatura. Adquirir soltura en la búsqueda y manejo del material bibliográfico.

**Horas Presenciales:** 105 (70%).

**Horas de trabajo personal:** 105 h. En estas horas el estudiante debe asimilar los conocimientos relativos a la teoría de la iluminación y del color y aplicarlos a la realización de los informes de las prácticas. También están dedicadas a la realización de un trabajo final sobre los contenidos de la asignatura. Este trabajo será defendido por el estudiante ante sus compañeros de clase. Competencias a adquirir: Asimilación de los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura. Adquirir destrezas en la elaboración, exposición y defensa de un trabajo técnico y científico. En esta parte se incluyen el trabajo propio del alumno en el estudio y preparación de las tutorías y trabajo dirigido.

## Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas

### Métodos Matemáticos en Óptica

Tipo (Obligatoria, Optativa): Obligatoria

Créditos ECTS: 6

Semestre: 1º

Departamento: Biodiversidad, Ecología y Evolución

### Descripción de las Competencias y Resultados del Aprendizaje

Conocer los fundamentos y las propiedades del análisis de Fourier, series y transformadas, y sus aplicaciones en la resolución de problemas ópticos. Conocer los procesos de resolución de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que surgen con frecuencia en problemas donde aparecen vibraciones, potenciales y distribuciones de temperatura, de entre estos problemas llamados problemas de valores en la frontera se destacará, por su importancia en la óptica la ecuación de ondas.

### Programa

#### Teórico

##### Tema 1: Sucesiones y serie infinitas

- 1.1. Sucesiones numéricas.
- 1.2. Series numéricas. Criterios de convergencia.
- 1.3. Series funcionales. Series de potencias.
- 1.4. Serie de McLaurin. Serie de Taylor. Representación de funciones en series de potencias.
- 1.5. Uso de las series de potencias para resolver ecuaciones diferenciales.

##### Tema 2: Series de Fourier

- 2.1. Funciones ortogonales.
- 2.2. Series de Fourier. Coeficientes.
- 2.3. Funciones pares e impares.
- 2.4. Desigualdad de Parseval.

##### Tema 3: Transformadas integrales

- 3.1. Transformada de Fourier y sus aplicaciones.
- 3.2. Transformada de Laplace.
- 3.3. Aplicaciones de la Transformada de Laplace en la resolución de ecuaciones diferenciales.

##### Tema 4: Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Problemas de valor en la frontera

- 4.1. Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales separables.
- 4.2. Ecuaciones clásicas y problemas de valores en la frontera.
- 4.3. Ecuación de transmisión de calor.
- 4.4. Ecuación de onda.
- 4.5. Ecuación de Laplace.

#### Práctico

Se realizarán prácticas en el aula de informática utilizando el programa Matab.

**Práctica 1:** Matrices y arrays.

**Práctica 2:** Series y sucesiones.

**Práctica 3:** Transformada de Fourier.

### Bibliografía

- Zill Dennis G., "Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado", Thomson, 2003.
- Simmons G., Krantz S., "Ecuaciones diferenciales. Teoría, técnica y práctica", McGraw-Hill, 2007.
- Tagle. R., Saff E., Zinder A., "Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera", Pearson, 2005.
- Mathews J., Walter R. C., "Matemáticas para físicos", Reverté, 1979.
- Pujol López J., Rodríguez Álvarez M., "Problemas de matemáticas para ópticos", Club universitario, 2003.
- Rodrigo de Molino F., Rodrigo Muñoz F., "Problemas de matemáticas para científicos y técnicos", Tebar, 1998.

- Glay R., Goodman J., "Fourier transforms", Kluwer Academia Publisers, 1995.
- Huei P., "Análisis de Fourier", Addison Wesley, 1998.
- Stewart J., "Cálculo, conceptos y contextos", Thomson, 1999.
- Seeley R. T., "Introducción a las series e integrales de Fourier", Reverté, 1970.
- Golub G., Van Loan C., "Matrix Computations", The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1996.
- Pratap, R., "Getting Started with MATLAB: A Quick Introduction for Scientists and Engineers", Oxford University Press, 2002.

## Sistemas de Evaluación

- Examen teórico-práctico: 50%.
- Trabajos tutelados y evaluación continua: 40%.
- Trabajo final: 10%.

## Actividades Formativas con su Contenido en ECTS, su Metodología de Enseñanza y Aprendizaje, y su Relación con las Competencias que debe Adquirir el Estudiante

**Actividad Presencial:** 46 h. (30%), que constarán de:

**Clases teóricas y prácticas:** 36 h.

La metodología usada será la de clases presenciales en las que se expondrán los contenidos de la asignatura con apoyo de medios audiovisuales (presentaciones en ppt), potenciando la participación del estudiante con la resolución de ejercicios relativos al contenido que se esté estudiando en cada momento. Las clases se complementaran con un programa de prácticas en el aula de informática utilizando el programa Matlab.

**Tutorías:** 5 h.

Serán presenciales y a través de Campus Virtual: Están destinadas a atender las dificultades y las dudas que el estudiante tenga en la asimilación de los contenidos, en la realización de los ejercicios entregables y en el trabajo final de la asignatura.

**Preparación, presentación y defensa de un trabajo dirigido:** 5 h.

Al finalizar el curso, el estudiante debe exponer y defender públicamente delante de sus compañeros un trabajo sobre los contenidos del programa de la asignatura. La duración de la exposición se ajustará a un tiempo determinado, de manera que, posteriormente a la exposición se establecerá un debate. Competencias a adquirir: Destrezas en la elaboración, exposición y defensa de un trabajo académico.

**Actividad no Presencial:** 104 h. (70%).

La actividad no presencial del estudiante consistirá en el estudio y comprensión de los temas expuestos en clase. Dicha comprensión se valorará a través de la realización de ejercicios entregables que serán evaluados de manera continua. Esta actividad también incluye el estudio de preparación para tutorías y el estudio propio del estudiante para la defensa del trabajo.

## Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas

### Métodos Ópticos de Medida

Tipo (Obligatoria, Optativa): Optativa  
Créditos ECTS: 6  
Semestre: 2º  
Departamento: Óptica

### Descripción de las Competencias y Resultados del Aprendizaje

- Distinguir los mecanismos de interacción entre la radiación luminosa y los diferentes tipos de objetos técnicos.
- Determinar la técnica más apropiada en cada caso.
- Establecer especificaciones de precisión y tolerancia en función de los requerimientos de la medida y por lo tanto que montaje es el más adecuado.

### Programa

#### Teórico

##### Tema 1: Interferometría

Comparación con frente de onda plano o esférico. Autocomparación del frente de onda: Interferometría por desplazamiento lateral. Comparación con frente de onda aleatorio: Interferometría speckle. Evaluación de patrones de franjas y ajuste de frentes de onda.

##### Tema 2: Moiré

Introducción al fenómeno Moiré. Técnicas Moiré.

##### Tema 3: Polarimetría

Caracterización y medida de estados de polarización. Fotoelasticidad.

##### Tema 4: Sensores de fibra óptica

Tecnología de fibras ópticas. Sensores basados en onda evanescente. Sensores basados en efectos interferométricos. Sensores basados en efectos difractivos.

#### Práctico

**Práctica 1:** Medida de formas 3D mediante proyección de un patrón de luz estructurada.

**Práctica 2:** Medida de tensiones en objetos transparentes mediante el efecto fotoelástico.

**Práctica 3:** Medida de deformaciones mediante interferometría speckle.

**Práctica 4:** Uso de sensores de fibra óptica para la medida de temperaturas y presiones.

### Bibliografía

- D. Malacara, Optical shop testing, John Wiley & Sons, New York, 1992.
- P. Hariharan, Basics of interferometry, Academic Press, Boston, 1992.
- R. Jones, C. Wykes, Holographic and speckle interferometry, Cambridge University Press, Cambridge, 1989.
- R. S. Sirohi, F. S. Chau, Optical methods of measurement, Marcel Dekker, New York, 1999.
- D. Malacara, M. Servín, Z. Malacara, Interferogram analysis for optical testing, Marcel Dekker, New York, 1998.
- K. Patorski, M. Kujawinska, Handbook of the moiré fringe technique, Elsevier, Amsterdam, 1993.
- K. Ramesh, Digital photoelasticity, Springer, Berlin, 2000.
- K. J. Gasvik, Optical Metrology. Wiley, New York, 2002.
- J. M. López-Higuera, Handbook of Optical Fibre Sensing Technology, John Wiley & Sons, New York, 2001.

### Sistemas de Evaluación

- Examen teórico: 40%.
- Examen práctico: 10%.
- Valoración de trabajos tutelados y seminarios: 40%.
- Otra evaluación: 10%.

**Actividades Formativas con su Contenido en ECTS, su Metodología de Enseñanza y Aprendizaje, y su Relación con las Competencias que debe Adquirir el Estudiante**

- Horas de teoría: 35.
- Horas de prácticas: 10.
- Horas de trabajo personal: 40.
- Tutorías: 5.
- Evaluación: 5.
- Otras: 5.



## Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas

### Óptica Avanzada

Tipo (Obligatoria, Optativa): Obligatoria  
Créditos ECTS: 6  
Semestre: 1º  
Departamento: Óptica

### Descripción de las Competencias y Resultados del Aprendizaje

- Comprender y manejar las leyes que rigen la propagación de energía luminosa en su vertiente radiométrica y fotométrica.
- Partiendo de unos conocimientos mínimos sobre óptica el estudiante debe ser capaz de describir la formación de imagen en óptica geométrica paraxial en un formalismo matricial aplicable a sistemas tanto formadores como no formadores de imagen.
- El estudiante debe interpretar y saber calcular al menos computacionalmente las aberraciones de un sistema óptico como la parte no lineal del sistema formador de imagen. En este sentido debe conocer los instrumentos (aberrómetros) usados para la medida de las aberraciones.

### Programa

#### Teórico

##### Tema 1: Formación de imagen paraxial

- Introducción a la óptica Hamiltoniana.
- Óptica lineal y Gaussiana: Óptica matricial.
- Elementos cardinales de un sistema óptico.
- Sistemas paraxiales sin simetría de revolución.

##### Tema 2: Óptica geométrica no lineal: Aberraciones

- Aberraciones primarias, Seidel.
- Coeficientes y polinomios de Zernike.
- Aberraciones en sistemas compuestos.
- PSF geométrica.
- Corrección de aberraciones.
- Aberrómetros.

##### Tema 3: Introducción a la teoría de imagen

- Límites de la teoría geométrica.
- Sistemas de muestreo e imagen digital (pixels).

#### Práctico

Tras la exposición teórica de los contenidos se realizarán prácticas de cálculo de aberraciones en varios sistemas en el aula de informática para ilustrar los conceptos teóricos. Un segundo tipo de prácticas se realizarán en el laboratorio.

**Práctica 1:** Cálculo de aberraciones y mejor imagen en sistemas ópticos.

**Práctica 2:** Medida de la matriz óptica de lentes y sistemas ópticos.

**Práctica 3:** Manejo de aberrómetros y medida de aberraciones en lentes.

### Bibliografía

- W. L. Wolfe, Introduction to radiometry, SPIE Optical Engineering Press, 1998.
- W. R. McCluney, Introduction to radiometry and photometry, Artech House, 1994.
- R. W. Boyd, Radiometry and detection of optical radiation, N.Y., John Wiley & Sons, 1983.
- Gerrard, J. M. Burch, Introduction to matrix methods in optics, Ed. Dover, N.Y., 1994.
- P. Mouroulis, J. McDonald, Geometrical Optics and Optical Design, Oxford University Press, 1997.
- Torre, Linear Ray and Wave Optics in phase Space, Elsevier, 2005.
- H. Gross Editor, Handbook of Optical Systems, Vol. I, II, III, Wiley-Vch, 2005.
- V. Mahajan, Optical Imaging and Aberrations, Part I, SPIE Press, 2004.
- V. Mahajan, Aberration theory made simple, SPIE Press Tutorial Texts TT6, 1991.
- J. Chaves, Introduction to Non Imaging Optics, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008.

## **Sistemas de Evaluación**

- Contenidos teóricos, problemas y trabajos tutelados: 65% total, de los cuales:
  - Examen teórico: 15% nota final.
  - Ejercicios de clase: 10% nota final.
  - Entregables, trabajos tutelados: 40% nota final.
  - Total: 65%.
- Prácticas: 25%.
- Exposiciones trabajo final: 10%.

## **Actividades Formativas con su Contenido en ECTS, su Metodología de Enseñanza y Aprendizaje, y su Relación con las Competencias que debe Adquirir el Estudiante**

**Actividad Presencial:** 1,8 ECTS (30%), 45 h.

La metodología usada será la de clases presenciales en las que se expondrán los contenidos de la asignatura con apoyo de medios audiovisuales (presentaciones ppt), potenciando la participación del estudiante con la resolución de ejercicios relativos al contenido que se esté estudiando en cada momento.

Las clases se complementan con un programa de prácticas en las que el alumnado debe resolver casos prácticos de análisis de formación y calidad de imagen radiométrica con las que demostrar el manejo de los principales conceptos expuestos en clase.

**Actividad no Presencial:** 4,2 ECTS (70%), 105 h.

La actividad no presencial del estudiante consistirá en el estudio y comprensión de los temas expuestos en clase. Dicha comprensión se valorará a través de la realización de ejercicios entregables que serán evaluados de manera continua. Para la resolución de los mismos se estima que el alumnado debe realizar tutorías con el profesor para resolver dudas relativas a los mismos y complementar con bibliografía relevante.

Estas actividades se complementarán con la preparación y exposición en clase de algún tema relacionado con la materia y cuya bibliografía o método de cálculo será entregado por el profesor al estudiante. Con ello se espera que el estudiante esté preparado para poder comprender por sí mismo temas avanzados del temario así como aplicaciones prácticas del mismo a sistemas formadores de imagen.

## Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas

### Procesado de Imágenes

Tipo (Obligatoria, Optativa): Optativa  
Créditos ECTS: 6  
Semestre: 2º  
Departamento: Óptica

### Descripción de las Competencias y Resultados del Aprendizaje

- Conocimiento de las técnicas de procesado de imágenes y su fundamento científico.
- Manejo de herramientas informáticas de procesado de imágenes y de dispositivos de adquisición de imágenes.

### Programa

#### Teórico

- Tema 1:** Introducción al procesado digital de imágenes.  
**Tema 2:** Adquisición, clasificación y manejo básico de imágenes.  
**Tema 3:** Transformaciones de intensidad y filtrado espacial.  
**Tema 4:** Procesado de imágenes en el dominio de frecuencias.  
**Tema 5:** Restauración y registro de imágenes.  
**Tema 6:** Procesado de imágenes en color.  
**Tema 7:** Procesado morfológico.  
**Tema 8:** Segmentación y detección de líneas y bordes.  
**Tema 9:** Representación, descripción y reconocimiento de objetos.

#### Práctico

- P1:** Manejo básico de imágenes en MatLab.  
**P2:** Transformaciones de intensidad.  
**P3:** Filtrado de imágenes en el dominio espacial.  
**P4:** Filtrado de imágenes en el dominio de frecuencias.  
**P5:** Análisis de ruido, restauración y registro de imágenes.  
**P6:** Manejo de dispositivos de adquisición de imágenes: cámaras CCD.  
**P7:** Procesado de imágenes en color.  
**P8:** Transformaciones morfológicas.  
**P9:** Segmentación y detección de líneas y bordes.  
**P10:** Representación, descripción y reconocimiento de objetos.

#### Seminarios

- Introducción a la Toolbox de procesado de imágenes en MatLab.
- Introducción al programa ImageJ y su uso en el procesado de imágenes.

### Bibliografía

- R. González, R. Woods, Digital image processing, 3rd edition, Prentice Hall, New Jersey, 2008.
- R. González, R. Woods, S. Eddins, Digital image processing using MatLab, 1st edition, Prentice Hall, New Jersey, 2003.
- B. Jähne, Digital image processing, 5th edition, Springer, New York, 2002.
- L. O’Gorman, M. Sammon, M. Seul, Practical algorithms for image analysis, 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, 2008.
- Asundi, MatLab® for photomechanics: a primer, 1st edition, Elsevier, New York, 2002.

### Sistemas de Evaluación

- Examen teórico: 40%.
- Examen práctico: 40%.
- Otra evaluación: Trabajos de clase 20%.

## **Actividades Formativas con su Contenido en ECTS, su Metodología de Enseñanza y Aprendizaje, y su Relación con las Competencias que debe Adquirir el Estudiante**

**Horas de teoría:** 25 h. (17%), clase magistral en grupo completo, competencias a adquirir: Conocimiento técnicas procesado de imágenes y su fundamento científico.

**Horas de prácticas:** 20 h. (13%), clase práctica en aula de informática, competencias a adquirir: Manejo de herramientas informáticas y de dispositivos de adquisición de imágenes.

**Horas de trabajo personal:** 105 h. (70%), realización de entregables y elaboración de un trabajo práctico. Incluyendo:

- Tutorías: 10%, presenciales o a través de Campus Virtual o correo electrónico.
- Evaluación: 5%, dos exámenes teóricos.

## **Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas Técnicas Experimentales en Óptica**

Tipo (Obligatoria, Optativa): Obligatoria

Créditos ECTS: 6

Semestre: 1º

Departamento: Óptica

### **Observaciones/aclaraciones por Módulo o Materia**

El objetivo central de esta asignatura es desarrollar unas mínimas destrezas en el manejo de un entorno de laboratorio óptico y opto-electrónico, orientado a todo tipo de tecnologías ópticas y fotónicas. Su carácter es predominantemente experimental y permite acelerar la aplicación y el desarrollo práctico de los contenidos del resto de asignaturas en el Máster.

### **Descripción de las Competencias y Resultados del Aprendizaje**

- Capacidad para desenvolverse en un entorno experimental de manejo de dispositivos ópticos y opto-electrónicos y poder traducir un diseño experimental sobre el papel en un montaje práctico real y operativo.
- Capacidad para analizar las fuentes de incertidumbre y error en ese entorno experimental y poder desarrollar estrategias que permitan optimizar los resultados experimentales así como poder evaluar y expresar la incertidumbre asociada a las medidas.
- Conocimiento y uso práctico de diversas herramientas instrumentales para la medida, el registro de datos y de imagen y su control a través de un ordenador por medio de diferente software.

### **Programa**

#### **Teórico**

##### **Análisis de incertidumbres y fuentes de error**

- Guía a la estimación de incertidumbres y consensos internacionales (GUM).
- Fundamentos estadísticos de análisis de datos.
- Manejo de incertidumbres de tipo A y B.
- Elementos de calibración y fuentes de error en un entorno radiométrico.

##### **Guía básica de circuitos y sistemas eléctricos**

- Rudimentos de teoría de circuitos (CC y AC). Componentes pasivos básicos y nociones de amplificadores operacionales.
- Instrumentos y herramientas básicas: Fuentes de alimentación, polímetros, osciloscopios, generadores de funciones, etc.
- Taller eléctrico: Técnicas de soldadura, pelado de cables, prediseños, etc.

##### **Guía básica de sistemas ópticos**

- Componentes ópticos básicos: Lentes, espejos, filtros, divisores de haz, polarizadores, difusores, esferas integradoras, fibras ópticas, actuadores y moduladores, etc.
- Optomecánica básica: Descripción y uso de elementos como soportes y posicionadores, para filtrado espacial, etc.

##### **Medidas ópticas con base radiométrica**

- Medición de magnitudes ópticas de manera óptima. Usos y manejo de la esfera integradora, difusores, fibras ópticas, etc.
- Uso de espectrofotómetros. Caracterización espectral y espacial de emisores y detectores.
- Técnicas de alineamiento y de estabilidad opto-mecánica.

##### **Dispositivos e instrumentación optoelectrónica**

- Emisores: LEDs, láser, otras fuentes, etc.
- Detectores: Fotodiodos, fotoconductores, termópilas, etc.
- Sistemas de registro de datos e imágenes: Uso de cámaras CCDs, osciloscopios, etc.
- Control de instrumentos y sensores por ordenador (detectores, emisores, osciloscopio, etc.).

## Práctico

Los contenidos previos se verán recogidos en la realización de las siguientes prácticas guiadas:

1. Puesta en funcionamiento de emisores (LED, láser de diodo, otras fuentes).
2. Puesta en funcionamiento de detectores (fotovoltaicos, fotoconductores, termópilas, etc.).
3. Sistemas ópticos para la formación de imágenes y otros usos. Análisis de incertidumbres en experimentos "Emisor - Sistema óptico - Detector".
4. Captura de imágenes con arrays de detectores (CCD, CMOS). Sistemas de caracterización y registro de datos (espectrofotómetros, osciloscopios, etc.).
5. Registro automático de datos de sensores y control de dispositivos por ordenador.

## Bibliografía

- Thomas P. Pearsall, Photonic Essentials, McGraw-Hill, 2003.
- E. Dereniak, G. Boreman, Infrared detectors and systems, Wiley, 1996.
- Arnold Daniels, Field guide to Infrared Systems, SPIE Press, 2007.
- E. Rosencher, B. Vinter, Optoelectronics, Cambridge Univ. Press, 2002.

## Sistemas de Evaluación

- Realización de **exámenes y entregables** sobre contenidos teórico-prácticos: 30%.
- Realización de **prácticas guiadas**: 25%.
- Realización de **trabajos individuales** tutelados: 45%.

## Actividades Formativas con su Contenido en ECTS, su Metodología de Enseñanza y Aprendizaje, y su Relación con las Competencias que debe Adquirir el Estudiante

**Actividad Presencial:** 45 h. (30%) = 1,8 ECTS.

- Impartición de contenidos teóricos: 15 h. (20%) = 0,6 ECTS.
- Realización de prácticas en laboratorio: 30 h. (20%) = 1,2 ECTS.

**Actividad no Presencial o Trabajo Personal:** 105 h. (70%) = 4,2 ECTS.

Se considera adecuada una repartición de trabajo en una proporción similar a la siguiente:

- **15** horas de **estudio de la teoría** a partir de lo explicado en aula y del material docente suministrado y/o bibliografía accesible,
- **25** horas utilizadas en la **resolución de problemas y supuestos prácticos** sencillos,
- **60** horas utilizadas en la realización de **trabajos entregables** más elaborados,
- **5** horas de consulta en **tutoría** personalizada por estudiante.

## Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas

### Teoría Difraccional de la Imagen

Tipo (Obligatoria, Optativa): Obligatoria  
Créditos ECTS: 6  
Semestre: 2º  
Departamento: Óptica

### Descripción de las Competencias y Resultados del Aprendizaje

- Presentación de las técnicas matemáticas para la descripción de la formación de la imagen a través de un sistema óptico.
- Descripción de técnicas de filtrado para la mejora y tratamiento de imágenes.
- Introducción de funciones ópticas PSF, OTF, MTF, etc. para describir la calidad de una imagen.
- Aplicación de métodos numéricos para la obtención de las funciones de transferencia.

### Programa

#### Teórico

**Tema 1.** Sistemas lineales y transformados de Fourier.

**Tema 2.** Fundamentos de la teoría escalar de la difracción.

**Tema 3.** Transformadas de Fourier con sistemas coherentes: Filtrado óptico coherente.

**Tema 4.** Teoría difraccional de la imagen con ondas cuasimonocromáticas.

**Tema 5.** Métodos experimentales de obtención y análisis de calidad de imágenes.

#### Práctico

**P1.** Laboratorio de análisis numérico: Transformadas de Fourier, filtrado óptico, OTF.

**P2.** Filtrado óptico y digital.

**P3.** Obtención experimental de la PSF y MTF de un sistema óptico formador de imagen.

**P4.** Caracterización de una cámara CCD.

### Bibliografía

- Introduction to Fourier Optics, J. W. Goodman, McGraw-Hill, New York, 1988.
- Difracción, Fourier Optics and Imaging, O. K. Ersoy; John Wiley & Sons, 2007.
- Óptica, E. Hech; Addison-Wesley, Madrid, 2000.
- Laboratorio Virtual de Óptica, M. L. Calvo, T. Alieva, J. A. Rodrigo, D. Rodríguez, T. Aliev, Delta publicaciones, 2005, Fourier Series and Optical Transform Techniques in Contemporary Optics, R. G. Wilson., John Wiley and Sons, Inc., 1995.
- Signal Processing Using Optics, B. G. Boone, Oxford University Press, 1998, Linear Systems, Fourier Transforms and Optics, J. D. Gaskill, Wiley, New York, (1978).

### Sistemas de Evaluación

- Examen teórico: 40%.
- Examen práctico: 30%.
- Valoración de trabajos tutelados y seminarios: 30%.

### Actividades Formativas con su Contenido en ECTS, su Metodología de Enseñanza y Aprendizaje, y su Relación con las Competencias que debe Adquirir el Estudiante

**Horas Presenciales:** 45 h. (30%).

**Horas de teoría:** 23 h. Las horas de teoría se imparten en un aula en sesiones de 2 horas. Se presentan los elementos de la teoría de señales y sistemas lineales, la teoría escalar de la difracción y, a partir de sus resultados generales, se describirán los métodos de filtrado óptico. Se analizará la respuesta de un sistema en el espacio de frecuencias y se introducirán las funciones de transferencia y su aplicación a la caracterización de la calidad de la imagen óptica.

**Horas de prácticas:** 12 h. Las prácticas se dividen en sesiones de diseño del proyecto experimental en seminarios y su realización en el laboratorio. En las sesiones de diseño cada grupo de estudiantes tendrá que encontrar el material necesario y realizar las estimaciones teórico-numéricas de los objetivos del proyecto. En las prácticas de laboratorio se desarrollan montajes de laboratorio del diseño especificado.

**Tutorías:** 5 h. En las tutorías se atienden las dificultades o dudas en la resolución de los trabajos personales y de lo tratado en las clases teóricas y en las prácticas. Asimismo se realiza un seguimiento individual de los avances en los diferentes trabajos personales y por grupos en el caso del trabajo dirigido.

**Preparación, presentación y defensa de un proyecto dirigido:** 5 h. Los estudiantes deben realizar la defensa pública de un proyecto elegido por ellos de entre los propuestos. En este proyecto deben realizar una búsqueda bibliográfica y desarrollar cálculos y estimaciones con objeto de llevar a cabo las tareas propuestas. La presentación se ajustará a un tiempo máximo de presentación y hay una fase de debate en la que se analiza tanto el contenido de la presentación como los contenidos y estructura lógico-formal de los guiones desarrollados.

**Horas no Presenciales:** 105 h. (70%).

**Horas de trabajo personal:** 105 h. Los problemas en el diseño de sistemas ópticos formadores de imagen suelen involucrar diferentes tecnologías y obligan a considerar a la vez muchos aspectos que precisan diseño óptico y/o electrónico, por lo que no es fácil diseñar un conjunto de problemas ceñidos al temario propuesto. Por ello, el trabajo en este curso se desarrollará asignando una serie de mini-proyectos. Cada mini-proyecto consistirá en intentar dar una solución detallada de problemas interconectados relacionados con los temas del curso. Para su solución deberán consultarse otras fuentes que las suministradas por los textos de clase y apuntes. El propósito de estos mini-proyectos es imitar escenarios habituales en los entornos de la investigación aplicada. En estas horas el estudiante debe asimilar los conocimientos relativos a los problemas planteados en la obtención y valoración de la calidad de imagen mediante la resolución de una serie de problemas contextuales tal como aparecen en la investigación y que se le plantean con un tiempo de resolución limitado a 1 semana. Este trabajo incluye la preparación por parte del alumnado de las tutorías y la parte de estudio del trabajo a presentar.



## Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. Programas

### Trabajo Fin de Máster

Tipo (Obligatoria, Optativa): Obligatoria  
Créditos ECTS: 12  
Semestre: Anual  
Departamento: Óptica

### Programa

#### Teoría (1<sup>er</sup> cuatrimestre)

1. Manejo de referencias bibliográficas.
2. Iniciación a la programación numérica con MatLab.
3. Técnicas de elaboración de una presentación científica.
4. El TFM como proyecto científico. Planificación del TFM. Elaboración de memorias científicas.

#### Trabajo Fin de Máster (2<sup>o</sup> cuatrimestre)

El alumnado deberá realizar uno de los Trabajos Fin de Máster propuestos por el profesorado del Máster y por organismos colaboradores a través de convenios. Los Trabajos Fin de Máster externos cuentan con un tutor institucional y otro por parte de la UCM.

El trabajo se desarrollará según las directrices generales de la UCM para la elaboración de los TFM junto con las directrices propias del Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen. En el apartado de "más información" se pueden encontrar enlaces que permiten descargarse dichas directrices.

### Bibliografía

- Stormy Attaway, *MATLAB® A Practical Introduction to Programming and Problem Solving*, Butterworth-Heinemann, 2<sup>nd</sup> edition, 2012.
- Amos Gilat. *Matlab: Una introducción con ejemplos prácticos*, Ed. Reverté, 2009.
- Hilary Glasman-deal, *Science Research Writing: A Guide for Non-Native Speakers of English*, Imperial College Press, 2009.
- Angelika H. Hofmann, *Scientific Writing and Communication: Papers, Proposals, Presentations*, Oxford University Press, 2009.
- Guy Norman, *Cómo escribir un artículo científico en inglés*, Ed. Hélice, 1999.
- Melissa Walker, *Cómo escribir trabajos de investigación*, Ed. Gedisa, 2005.
- Helmut Kopka, Patrick W. Daily, *A guide to LATE-X*, Addison-Wesley, 1999.
- Michel Alley, *The craft of scientific presentations*, Springer, 2002.
- David R. Anderson, Dennis J. Sweeny, Thomas A. Williams, Jeffrey D. Camm, R. Kipp Martin, *An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making*, South-Western College Pub, 13 edition, 2011.

### Normas de la Asignatura

La parte de teoría (1<sup>er</sup> cuatrimestre) se evaluará a través de ejercicios prácticos relacionados con las materias impartidas, que deberán realizar todo el alumnado matriculado:

- Ejercicios de programación MATLAB.
- Elaboración de memorias.
- Defensa y presentación de trabajos científicos.

### Evaluación

Los criterios de valoración propuestos serán los siguientes:

1. El director del trabajo, con el visto bueno del tutor o tutores del mismo, deberán entregar un "Informe del director", que se corresponderá con el 15% de la nota final, asimilándose este informe al visto bueno del director. Este informe será entregado al coordinador del Máster antes de la defensa pública del trabajo siendo condición indispensable para la misma y asimilándose al necesario visto bueno por parte del director del TFM.

2. La evaluación de la memoria y de la defensa del TFM por parte del Tribunal se corresponderá con el 85% de la nota final. Este 85% se calculará de acuerdo al siguiente criterio:

- Defensa pública: 75% Exposición + 25% Discusión con el Tribunal.
- Nota final: 70% Memoria TFM entregada + 30% Defensa pública.

A éste respecto, cada miembro del Tribunal deberá rellenar el formato "Informe miembro del tribunal". La nota final del Tribunal será la media de las notas de cada miembro del mismo.

3. Dichas notas globales deberán ser remitidas al coordinador del Máster para que éste pueda gestionar la incorporación de las calificaciones y de los títulos y temas de los TFM en los expedientes de los estudiantes.

En el caso de que hubiese varios tribunales y el número de propuestas de Matrícula de Honor fuese superior al cupo establecido, la Comisión de Coordinación del Máster o en su defecto, el coordinador del Máster, regularía el proceso de concesión de dichas Matrículas.

### **Más información**

- Página del Máster de Tecnologías Ópticas y de la Imagen: [www.ucm.es/mastertoi](http://www.ucm.es/mastertoi)
- Directrices generales de la UCM sobre los Trabajos Fin de Máster:  
[https://portal.ucm.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=a0778879-1486-48e1-bf00-a0f962b0382e&groupId=244940](https://portal.ucm.es/c/document_library/get_file?uuid=a0778879-1486-48e1-bf00-a0f962b0382e&groupId=244940)
- Directrices propias del TFM del Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen:  
[https://portal.ucm.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=f016f6d4-b9be-4dc5-ad98-5a5d4e290439&groupId=394884](https://portal.ucm.es/c/document_library/get_file?uuid=f016f6d4-b9be-4dc5-ad98-5a5d4e290439&groupId=394884)