

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	DISPOSITIVOS OPTOELECTRONICOS		
<b>Materia</b>	ESTRUCTURA DE LA MATERIA		
<b>Módulo</b>			
<b>Titulación</b>	GRADO EN FÍSICAS / PROGRAMA DE ESTUDIOS CONJUNTOS GRADO EN FISICA Y GRADO EN MATEMÁTICAS		
<b>Plan</b>	469 / 563	<b>Código</b>	45779
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	4º / 5º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	IVÁN SANTOS TEJIDO		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	DESPACHO: 1D046, E.T.S.I. TELECOMUNICACIÓN TELÉFONO: 983 423000 ext. 5512 E-MAIL: <a href="mailto:ivasan@tel.uva.es">ivasan@tel.uva.es</a>		
<b>Departamento</b>	ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA		

## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

La asignatura de “*Dispositivos Optoelectrónicos*” pertenece a la materia de Estructura de la Materia, y se desarrolla en el cuarto curso del Grado en Física. Las asignaturas de esta materia están orientadas a proporcionar conocimientos relacionados con la síntesis de materiales, sus propiedades, cómo se pueden medir esas propiedades y cuáles son las aplicaciones principales. En el caso de la asignatura de Dispositivos Optoelectrónicos, ésta se centra en la capacidad de ciertos materiales para absorber y emitir luz, y la aplicación de estas características para fabricar dispositivos de interés en Optoelectrónica.

De entre los sectores de actividad laboral donde los físicos pueden desarrollar su actividad indicados por el Libro Blanco del Título de Grado en Físicas, aquellos en los que la asignatura de “*Dispositivos Optoelectrónicos*” ofrece contenidos de interés son:

- Docencia universitaria y/o investigación.
- Telecomunicaciones.
- Industria.

En entornos de investigación los dispositivos optoelectrónicos pueden proporcionar radiación electromagnética con las características necesarias para poder estudiar materiales, y también permiten detectar radiación electromagnética y extraer las características de los materiales estudiados. Además, la gran cantidad de materiales semiconductores y el gran control de las técnicas de fabricación de estos dispositivos hacen que sea posible disponer de una amplia gama de dispositivos para cubrir las necesidades más variadas. Desde un punto de vista tecnológico, su uso en el ámbito de las telecomunicaciones para el envío y recepción de información (y en concreto para la comunicación por fibra óptica de altas prestaciones), y en el ámbito de la generación de energía fotovoltaica mediante células solares hacen patente su interés en ámbitos más industriales. De forma más general, los dispositivos optoelectrónicos se utilizan en tareas cotidianas en mandos a distancia, detectores de presencia, iluminación... por lo que resulta muy conveniente tener conocimientos de este tipo de dispositivos en vistas a desempeñar un trabajo más interdisciplinar.

### 1.2 Relación con otras materias

La asignatura de Dispositivos Optoelectrónicos, al encontrarse en el último curso del grado, es una asignatura que presenta contenidos avanzados y por lo tanto se apoya en conocimientos desarrollados en asignaturas de materias previas del grado:

- La materia de Fundamentos de Física, y en particular la asignatura de formación básica de Fundamentos de Física Cuántica y Estadística del primer curso del grado. En esta asignatura se presentan los conceptos básicos sobre la estadística de Fermi-Dirac y el nivel de Fermi que serán fundamentales para los primeros temas de la asignatura de Dispositivos Optoelectrónicos.
- La materia de Óptica, y en particular la asignatura obligatoria de Óptica del tercer curso del grado. En esta asignatura se desarrollan los fundamentos de la Óptica Geométrica, que serán muy útiles para entender el concepto de confinamiento de luz y los diagramas de emisión de los dispositivos optoelectrónicos.
- La materia de Física Cuántica, y en particular las asignaturas obligatorias de Física Cuántica (del tercer curso del grado) y Mecánica cuántica (del cuarto curso del grado). En ambas asignaturas se desarrollan



los conceptos relacionados con la Física Cuántica, de forma más básica en la primera y más avanzada en la segunda. Estos conceptos serán de gran utilidad en los dos primeros temas de la asignatura.

- La materia de Estructura de la Materia, y en particular las asignaturas obligatorias de Física del Estado Sólido y Electrónica, ambas del cuarto curso del grado. Los contenidos desarrollados en estas asignaturas sobre las propiedades electrónicas y ópticas de los materiales en general (Física del Estado Sólido) y de los semiconductores en particular (Electrónica) serán fundamentales para poder entender los contenidos presentados en la asignatura de Dispositivos Optoelectrónicos.

### 1.3 Prerrequisitos

---

Por los motivos expuestos en el apartado anterior es altamente recomendable haber cursado y superado las siguientes asignaturas:

- **Electrónica**, asignatura obligatoria del segundo cuatrimestre del cuarto curso del Grado. El emplazamiento temporal de la asignatura de Electrónica puede implicar que en algunos casos haya alumnos que la cursen al mismo tiempo que la asignatura de Dispositivos Optoelectrónicos. Este hecho se tiene en cuenta a la hora de exponer los contenidos de la asignatura de Dispositivos Optoelectrónicos. En concreto, los conceptos relacionados con el principio de funcionamiento del diodo, que en la Electrónica se presenta al comienzo de la asignatura y en Dispositivos Electrónicos con posterioridad.
- **Física del Estado Sólido**, asignatura obligatoria del primer cuatrimestre del cuarto curso del Grado.
- **Mecánica Cuántica**, asignatura obligatoria del primer cuatrimestre del cuarto curso del Grado.
- **Óptica**, asignatura obligatoria anual del tercer curso del Grado.



## 2. Competencias

### 2.1 Transversales

- T1: Capacidad de análisis y de síntesis.
- T2: Capacidad de organización y planificación.
- T3: Capacidad de comunicación oral y escrita.
- T4: Capacidad de resolución de problemas.
- T5: Capacidad de trabajar en equipo.
- T7: Capacidad de trabajo y aprendizaje autónomo.
- T8: Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.
- T9: Creatividad.

### 2.2 Específicas

- E1: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación física, de las formas en que se lleva a cabo y de cómo la investigación en Física es aplicable al campo de la Optoelectrónica.
- E2: Ser capaz de presentar un tema académico o una investigación propia tanto a profesionales como a público en general.
- E3: Ser capaz de comparar nuevos datos experimentales con modelos disponibles para revisar su validez y sugerir cambios con el objeto de mejorar la concordancia de los modelos con los datos.
- E4: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos a través de estudios independientes.
- E5: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una clara percepción de las situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías y, por lo tanto, permiten el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.
- E6: Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable.
- E8: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
- E10: Ser capaz de mantenerse informado de los nuevos desarrollos en Optoelectrónica.
- E11: Adquirir familiaridad con las fronteras de la investigación en el campo de la Optoelectrónica.
- E12: Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes, de su estructura lógica y matemática y su soporte experimental.
- E13: Ser capaz de integrar los conocimientos recibidos de las diferentes áreas de la Física para la resolución de un problema del campo de la Optoelectrónica.
- E14: Haberse familiarizado con los modelos experimentales más importantes que describen el funcionamiento de los dispositivos optoelectrónicos, y ser capaz de realizar experimentos de forma independiente, así como describir, analizar y evaluar críticamente los datos experimentales.
- E15: Comprender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados.



### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

1. Conocer las propiedades ópticas de los semiconductores y las características de los distintos tipos de familias que existen.
2. Comprender el principio de funcionamiento de los principales dispositivos optoelectrónicos.
3. Comprender las características de funcionamiento relevantes de los dispositivos optoelectrónicos y su relación con la tecnología de fabricación.
4. Aplicar modelos sencillos al funcionamiento de los dispositivos optoelectrónicos y hacer cálculos y estimaciones numéricas de los parámetros relevantes.
5. Analizar las hojas de especificaciones de dispositivos reales, relacionando la información de éstas con los conocimientos vistos en teoría, extrayendo datos implícitos y efectuando una valoración del dispositivo.
6. Adquirir una visión representativa de algunas de las principales tendencias de innovación tecnológica en optoelectrónica.



#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: Introducción: propiedades básicas y ópticas de los semiconductores

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.7

###### a. Contextualización y justificación

Bloque introductorio en el que recuerdan conceptos vistos en asignaturas previas y se introducen otros de especial relevancia para poder desarrollar los contenidos de la asignatura de Dispositivos Optoelectrónicos.

###### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de conocer las propiedades ópticas de los semiconductores y las características de los distintos tipos de familias que existen.

###### c. Contenidos

###### TEMA 1 – PROPIEDADES BÁSICAS DE LOS SEMICONDUCTORES

- 1.1.- Motivación.
- 1.2.- Propiedades básicas de la luz.
- 1.3.- Estructura de bandas de los semiconductores.
- 1.4.- Familias de semiconductores.
- 1.5.- Estadística de portadores.
- 1.6.- Dopantes y concentración de portadores.
- 1.7.- Fenómenos de generación y recombinación.
- 1.8.- Eficiencia de recombinación radiativa.
- 1.9.- Heteroestructuras.

###### TEMA 2 – PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS SEMICONDUCTORES

- 2.1.- Transiciones ópticas banda a banda.
- 2.2.- Absorción de luz.
- 2.3.- Emisión espontánea y estimulada.
- 2.4.- Ganancia neta en semiconductores.
- 2.5.- Índice de refracción.
- 2.6.- Modificación de las propiedades ópticas con la temperatura y con las inhomogeneidades.
- 2.7.- Propiedades ópticas de las heteroestructuras.

###### d. Métodos docentes

Se empleará:

- Clase magistral participativa.
- Clases de problemas tutelados.
- Trabajo autónomo con material complementario.
- Resolución autónoma de problemas que se entregarán para ser evaluados.

Para más detalles consultar apartado 6 del presente documento.



---

#### e. Plan de trabajo

---

Ver apartado 7 del presente documento.

---

#### f. Evaluación

---

Prueba escrita y entrega de ejercicios (ver apartado 9 del presente documento).

---

#### g. Material docente

---

Véase el apartado 5 del presente documento.

---

#### h. Recursos necesarios

---

Véase el apartado 5 del presente documento.

---

#### i. Temporalización

---

Véase el apartado 7 del presente documento.

---

### Bloque 2: Diodos emisores de luz (LEDs)

---

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.4

---

#### a. Contextualización y justificación

---

Este bloque se dedica los diodos emisores de luz (LEDs). El primer tema describe su principio de funcionamiento y características, y el segundo presenta LEDs específicos y sus principales aplicaciones.

---

#### b. Objetivos de aprendizaje

---

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender el principio de funcionamiento de los LEDs.
- Comprender las características de funcionamiento relevantes de los LEDs y su relación con la tecnología de fabricación.
- Aplicar modelos sencillos al funcionamiento de los LEDs y hacer cálculos y estimaciones numéricas de sus parámetros relevantes.
- Analizar las hojas de especificaciones de LEDs reales, relacionando la información de éstas con los conocimientos vistos en teoría, extrayendo datos implícitos y efectuando una valoración del dispositivo.
- Adquirir una visión representativa de las principales tendencias de innovación tecnológica en LEDs.

---

#### c. Contenidos

---

##### TEMA 3 – DIODOS EMISORES DE LUZ (LEDs)

- 3.1.- Luminiscencia por inyección de portadores en uniones p-n.
- 3.2.- Respuesta espectral.



- 3.3.- Eficiencia de emisión.
- 3.4.- Características I-V y P-I.
- 3.5.- Respuesta angular.
- 3.6.- Unidades fotométricas.
- 3.7.- Fiabilidad y parámetros térmicos.
- 3.8.- Respuesta en frecuencia.
- 3.9.- Polarización del LED.

#### **TEMA 4 – LEDs ESPECÍFICOS: ESTRUCTURA, CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES**

- 4.1.- IREDS de GaAs,
- 4.2.- IREDS de AlGaAs.
- 4.3.- LEDs en el visible de de GaP y de AlGaAs.
- 4.4.- LEDs de AlGaInP.
- 4.5.- LEDs de nitruros.
- 4.6.- Carta cromática y LEDs blancos.

#### **d. Métodos docentes**

---

Se empleará:

- Clase magistral participativa.
- Clases de problemas tutelados.
- Trabajo autónomo con material complementario.
- Resolución autónoma de problemas que se entregarán para ser evaluados.
- Análisis de hojas de especificaciones de dispositivos reales.

Para más detalles consultar apartado 6 del presente documento.

#### **e. Plan de trabajo**

---

Ver apartado 7 del presente documento.

#### **f. Evaluación**

---

Prueba escrita y entrega de ejercicios (ver apartado 9 del presente documento).

#### **g Material docente**

---

Véase el apartado 5 del presente documento.

#### **h. Recursos necesarios**

---

Véase el apartado 5 del presente documento.

#### **i. Temporalización**

---

Véase el apartado 7 del presente documento.

**Bloque 3: Diodos láser (LDs)**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.2

**a. Contextualización y justificación**

Este bloque se dedica los diodos láser (LDs). El primer tema describe su principio de funcionamiento y características, y el segundo presenta LDs específicos y sus principales aplicaciones.

**b. Objetivos de aprendizaje**

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender el principio de funcionamiento de los LDs.
- Comprender las características de funcionamiento relevantes de los LDs y su relación con la tecnología de fabricación.
- Aplicar modelos sencillos al funcionamiento de los LDs y hacer cálculos y estimaciones numéricas de sus parámetros relevantes.
- Analizar las hojas de especificaciones de LDs reales, relacionando la información de éstas con los conocimientos vistos en teoría, extrayendo datos implícitos y efectuando una valoración del dispositivo.
- Adquirir una visión representativa de las principales tendencias de innovación tecnológica en LDs.

**c. Contenidos****TEMA 5 – DIODOS LÁSER (LD)**

- 5.1.- Inversión de población en uniones p-n.
- 5.2.- Cavidades ópticas.
- 5.3.- Condición de oscilación en los LDs.
- 5.4.- Características P-I, corriente umbral y parámetros de eficiencia.
- 5.5.- Láseres de confinamiento separado y de pozo cuántico.
- 5.7.- Distribución espectral de los LDs.
- 5.8.- Confinamiento lateral.
- 5.9.- Características del haz.
- 5.10.- Láseres monomodo.
- 5.11.- Respuesta en frecuencia: análisis cualitativo.

**TEMA 6 – LDs ESPECÍFICOS: ESTRUCTURA, CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES**

- 6.1.- LDs de AlGaAs de baja potencia.
- 6.2.- LDs en el visible.
- 6.3.- LDs para la 2ª y 3ª ventana, estabilización y ajuste de longitud de onda.
- 6.4.- LDs de alta potencia.
- 6.5.- LDs de emisión por superficie.

**d. Métodos docentes**

Se empleará:

- Clase magistral participativa.
- Clases de problemas tutelados.



- Trabajo autónomo con material complementario.
- Resolución autónoma de problemas que se entregarán para ser evaluados.
- Análisis de hojas de especificaciones de dispositivos reales.

Para más detalles consultar apartado 6 del presente documento.

#### **e. Plan de trabajo**

---

Ver apartado 7 del presente documento.

#### **f. Evaluación**

---

Prueba escrita y entrega de ejercicios (ver apartado 9 del presente documento).

#### **g. Material docente**

---

Véase el apartado 5 del presente documento.

#### **h. Recursos necesarios**

---

Véase el apartado 5 del presente documento.

#### **i. Temporalización**

---

Véase el apartado 7 del presente documento.

### **Bloque 4: Fotodiodos**

---

Carga de trabajo en créditos ECTS: 0.5

#### **a. Contextualización y justificación**

---

Este bloque describe dispositivos optoelectrónicos que absorben luz: fotodiodos y células solares. Se describe su principio de funcionamiento y características, y se estudian dispositivos específicos y sus aplicaciones.

#### **b. Objetivos de aprendizaje**

---

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender el principio de funcionamiento de los fotodiodos y células solares.
- Comprender las características de funcionamiento relevantes de estos dispositivos y su relación con la tecnología de fabricación.
- Aplicar modelos sencillos a su funcionamiento y hacer cálculos y estimaciones numéricas de sus parámetros relevantes.
- Analizar hojas de especificaciones de dispositivos reales, relacionando la información de éstas con los conocimientos vistos en teoría, extrayendo datos implícitos y valorando el dispositivo.



- Adquirir una visión representativa de algunas de las principales tendencias de innovación tecnológica en fotodiodos y células solares.

### **c. Contenidos**

---

#### **TEMA 7 – FOTODIODOS (PDs)**

- 7.1.- Motivación.
- 7.2.- Principio de funcionamiento y estructura de los fotodiodos.
- 7.3.- Células solares.
- 7.4.- Eficiencia y respuesta espectral.
- 7.5.- Características eléctricas.
- 7.6.- Circuitos básicos con fotodiodos.
- 7.7.- Respuesta en frecuencia.

### **d. Métodos docentes**

---

Se empleará:

- Clase magistral participativa.
- Clases de problemas tutelados.
- Trabajo autónomo con material complementario.
- Resolución autónoma de problemas que se entregarán para ser evaluados.
- Análisis de hojas de especificaciones de dispositivos reales.

Para más detalles consultar apartado 6 del presente documento.

### **e. Plan de trabajo**

---

Ver apartado 7 del presente documento.

### **f. Evaluación**

---

Prueba escrita y entrega de ejercicios (ver apartado 9 del presente documento).

### **g. Material docente**

---

Véase el apartado 5 del presente documento.

### **h. Recursos necesarios**

---

Véase el apartado 5 del presente documento.

### **i. Temporalización**

---

Véase el apartado 7 del presente documento.

## 5. Bibliografía, Material complementario y Recursos necesarios

### a. Bibliografía

A continuación, se detalla la bibliografía básica y complementaria de la asignatura. La mayoría de los recursos bibliográficos que se recomiendan están incluidos en el catálogo Almena de la Universidad de Valladolid ([www.almena.uva.es](http://www.almena.uva.es)). Se indican sus referencias en la biblioteca y el enlace para consultar su disponibilidad online.

#### Bibliografía básica:

- Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, "Fundamentals of photonics", John Wiley & Sons, 1991. (621.383 SAL fun, [Ed. 1991](#), [Ed. 2007](#)).  
Libro básico para la parte más conceptual de la asignatura. En él se pueden encontrar los desarrollos teóricos completos de las expresiones utilizadas en las clases de aula. La estructura del libro está planteada para poder utilizarlo de forma autodidacta. Cada capítulo contiene resúmenes, conjuntos de ejercicios, y listas de lecturas recomendadas para profundizar en algunos conceptos. Sin embargo, no trata apenas de dispositivos específicos ni de aplicaciones.  
En el caso concreto de la asignatura de Optoelectrónica, los temas de interés son los que se agrupan dentro de las categorías de "Optoelectronics", y "Laser", aunque también se tratan algunos conceptos de la categoría de "Fiber-Optic Communications".
- Hans P. Zappe, "Introduction to Semiconductor Integrated Optics", Artech House, 1995. ([621.382-Zap.Int](#))  
También es un libro básico muy útil donde encontrar de forma detallada los conceptos fundamentales de la física de los materiales de interés en optoelectrónica, y el principio de funcionamiento de los dispositivos optoelectrónicos estudiados en la. Al igual que en el caso anterior, tampoco abarca ni dispositivos específicos ni aplicaciones.  
Los temas 2, 3 y 4 presentan las propiedades básicas y ópticas de los semiconductores, así como las principales familias de interés en optoelectrónica. El tema 5 está dedicado a las técnicas utilizadas para fabricar dispositivos optoelectrónicos. Aunque estos contenidos no se abordan en la asignatura, puede ser consultado en caso de interés. Los temas 6, 7 y 8 tratan temas de especial interés en comunicaciones ópticas, como guías de ondas, que quedan fuera del planteamiento actual de la asignatura de Dispositivos Optoelectrónicos. A partir del tema 9 se presentan los principios de funcionamiento de los láseres y LEDs (tema 9), y de los fotodetectores (tema 10), así como los moduladores de haces (tema 11).
- Keigo Iizuka, "Elements of Photonics. Volume II: For Fiber and Integrated Optics", John Wiley & Sons, 2002.  
Este libro no se encuentra disponible de momento en la biblioteca de la Universidad de Valladolid. Es un libro muy completo que abarca desde los fundamentos físicos de los dispositivos optoelectrónicos, hasta dispositivos y estructuras específicas para determinadas aplicaciones. En concreto el tema 14 expone de forma muy detallada todo lo relacionado con los láseres (principio de funcionamiento, características del haz, láseres monomodo, dependencia térmica de las características del láser, pozos cuánticos...). El capítulo 12 contiene un apartado donde se explican las características de los Fotodiodos y su uso para detectar luz. Y el capítulo 16 presenta las aplicaciones de los dispositivos optoelectrónicos en comunicaciones ópticas. Además, en el libro se incluyen muchos más contenidos de los desarrollados en la asignatura de Dispositivos Optoelectrónicos, por lo que puede ser utilizado por el alumno para ampliar sus conocimientos.



- S. M. Sze, "Semiconductor devices: physics and technology", John Wiley & Sons, 2002.  
([621.382 SZE sem - Ed. 1985](#), [621.382 SZE sem - Ed. 2002](#), [621.382 SZE sem - Ed. 2013](#))  
Este es un libro fundamental para abordar todo lo relativo a la física de los dispositivos semiconductores. Los contenidos que abarca este libro se suponen ya conocidos por el alumno, por lo que se puede considerar un libro de repaso. Sin embargo, algunos de sus temas pueden ayudar a comprender mejor los contenidos presentados en la asignatura de Optoelectrónica. En el capítulo 5 se dedica a explicar los dispositivos Fotónicos (LEDs, láseres, fotodetectores y celdas solares). Este capítulo resume los principales conceptos que se desarrollarán en la asignatura. Los últimos capítulos del libro están dedicados a la tecnología de fabricación de dispositivos semiconductores. El alumno puede utilizar estos temas para ampliar sus conocimientos en estos aspectos que no son tratados en la asignatura.
- S. M. Sze, "Physics of semiconductor devices", John Wiley & Sons, 2007.  
(621.382-Sze.Phy, [Ed. 1981](#), [Ed. 2007](#))  
Este también es un libro fundamental para abordar todo lo relativo a la física de los dispositivos semiconductores. Los contenidos que abarca este libro se suponen ya conocidos por el alumno, por lo que se puede considerar un libro de repaso.

#### Bibliografía complementaria:

##### NIVEL BÁSICO

- Robert F. Pierret, "Fundamentos de semiconductores", Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.  
([Español - 621.382-Pie.Fun](#), [Inglés - 621.382-Pie.Sem](#))  
Aunque el nivel de este libro está por debajo del de la asignatura, es un libro muy adecuado para repasar los conceptos fundamentales de la Física de los Semiconductores. Presenta de una forma bastante comprensible los conceptos de dopado de semiconductores, la estadística de los portadores, y los fenómenos de arrastre y difusión de portadores. También contiene ejercicios resueltos y propuestos, y numerosos ejemplos numéricos
- John Wilson, John Hawkes, "Optoelectronics: an introduction", Prentice-Hall, 1998.  
([621.383 WIL opt](#))  
Este libro también cubre los principios de funcionamiento de los dispositivos estudiados durante la asignatura. Los tres primeros capítulos introducen los principales conceptos que se utilizarán en la asignatura. El capítulo 4 posee un apartado que se dedica a explicar el principio de funcionamiento de los LEDs. El capítulo 5 está dedicado a los láseres de forma genérica, aunque hay un par de apartados que se centran en los láseres semiconductores. El capítulo 6 se centra en la caracterización y estabilización del haz de salida de los láseres. El capítulo 7 se dedica a los fotodetectores, incluidos los semiconductores. También posee un apartado dedicado a las celdas solares. Sin embargo, en este caso tampoco se presentan dispositivos específicos.
- Jeff Hecht, "Understanding Lasers: An Entry-Level Guide", Wiley-IEEE Press, 2008.  
([535.2 HEC und](#))  
Este libro está dedicado íntegramente a los láseres en general, desde su principio de funcionamiento, hasta las diferentes aplicaciones. Los capítulos de interés para la son el 8 y el 9, donde se describen los láseres de estado sólido. Además, el capítulo 11 está dedicado a aplicaciones de láseres de baja potencia, mientras que en el 12 se analizan las aplicaciones de láseres de alta potencia. También es de destacar que el capítulo 13 está dedicado a describir los usos y aplicaciones de los láseres en diversos campos de investigación.



### NIVEL AVANZADO

- Robert F. Pierret, "Advanced semiconductor fundamentals", Addison-Wesley Iberoamericana, 1989.  
([621.382 PIE adv](#))

- Shun Lien Chuang, "Physics of Optoelectronic Devices", John Wiley & Sons, 1995.  
([C/EI 1997-C](#))

Este libro aborda los conceptos fundamentales de la asignatura con una formulación semejante a la utilizada en el ámbito de la Física del Estado Sólido y Mecánica Cuántica. Puede ser utilizado para profundizar de forma más rigurosa en la teoría que describe los procesos físicos que se abordan en la asignatura. Además, al final de cada capítulo ofrece una selección bibliográfica de libros y artículos de revistas científicas donde encontrar más información sobre los conceptos desarrollados. Sin embargo, su enfoque más teórico hace que no trate ni dispositivos específicos ni aplicaciones tecnológicas.

- E. Freud Schubert, "Light-Emitting Diodes", Cambridge University Press, 2003.  
([C/F3\\*15158391](#))

Este libro está dedicado únicamente a los diodos emisores de luz, y abarca desde sus propiedades fundamentales hasta dispositivos específicos y aplicaciones. En los primeros capítulos presenta la teoría necesaria para comprender los procesos de recombinación radiativa de portadores en semiconductores. En los capítulos sucesivos trata de forma detallada todos los aspectos de los LEDs: propiedades eléctricas, propiedades ópticas, estructuras de LEDs de alta eficiencia interna, estructuras de alta eficiencia externa, LEDs en el visible, LEDs blancos, LEDs para comunicaciones ópticas... Este libro, además de servir de apoyo en los temas 3 y 4 de la asignatura, puede servir al alumno para profundizar en aspectos relacionados con los LEDs que no han sido desarrollados en la asignatura.

- Takahiro Numai, "Laser Diodes and their Applications to Communications and Information Processing", Wiley Online Books, 2010.

Este libro presenta de forma detallada los diodos láser, tanto su principio de funcionamiento, como las principales estrategias que se utilizan para optimizar su estructura y mejorar las prestaciones de los dispositivos. Es un libro muy recomendable para el bloque 3 de la asignatura. Está disponible de forma online a través de cualquier IP de la Universidad de Valladolid en este enlace: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470769522>

- K. Dutta, N. K. Dutta, M. Fujiwara, "WDM Technologies. Active Optical Components", Academic Press, 2002. Este libro se centra en los dispositivos optoelectrónicos utilizados en comunicaciones ópticas. Ofrece una amplia descripción de las diferentes estructuras y propiedades de láseres, fotodiodos y moduladores ópticos. Abarca desde su principio de funcionamiento, hasta dispositivos y estructuras específicas. Los contenidos del libro superan ampliamente a los de la asignatura. Sin embargo, puede ser utilizado para algunos de los apartados de los temas 6 (LDs específicos) y 7 (Fotodiodos). Este libro también proporcionará al alumno una visión amplia de las diferentes tecnologías de fabricación de dispositivos optoelectrónicos, y de otras muchas utilidades no vistas en la asignatura.



## **b. Material complementario y Recursos necesarios**

---

El material docente que se vaya a utilizar en las clases de teoría (transparencias de los temas y lecturas complementarias) y en las clases de problemas (enunciados de problemas) estará disponible con suficiente antelación a través del Campus Virtual de la UVA (<http://campusvirtual.uva.es/>).

En el Campus Virtual también se pondrá a disposición del alumno una serie de enlaces a diferentes páginas web donde podrá consultar entre otras cosas las propiedades de los principales materiales semiconductores, diferentes parámetros relacionados con la respuesta fotométrica del ojo, hojas de especificaciones de dispositivos optoelectrónicos de los principales fabricantes, así como otros recursos de consulta voluntaria para el alumno que profundicen en algunos de los conceptos desarrollados durante la asignatura.





## 6. Métodos docentes y principios metodológicos

### Clases de teoría

Las clases de teoría se desarrollarán a través de lección magistral presencial para presentar a los alumnos de manera ordenada y sistemática los contenidos teóricos de la asignatura.

Consistirán en clases participativas que se desarrollarán en el aula mediante transparencias y anotaciones en la pizarra. En las transparencias aparecerán de forma esquemática los conceptos utilizados para la exposición teórica: desarrollos teóricos, esquemas de dispositivos, ejemplos, etc. así como las principales definiciones y conclusiones.

Todo el material que se utilice en las clases de teoría estará disponible a los alumnos con suficiente antelación a través del Campus Virtual de la UVa.

Con las transparencias se pretende que el alumno disponga de una guía esquemática de los conceptos desarrollados en los temas de la asignatura que les permitan seguir más fácilmente la exposición teórica y prestar mayor atención a los comentarios, discusiones y aclaraciones que puedan tener lugar durante ella. Sin embargo, este material es solo una guía y necesitará ser ampliado con la consulta a los libros de la bibliografía u otros que el alumno considere apropiados, así como de los contenidos complementarios que se proporcionen.

Excepcionalmente algunos de los apartados del temario podrán ser asignados para que grupos de alumnos los desarrollen y los expongan al resto de la clase. De igual manera también cabe la posibilidad de que algunos de los conceptos sean explicados en clases de problemas con ejemplos concretos para una mejor comprensión.

### Clases de problemas

Al concluir cada uno de los temas en los que se divide la asignatura se realizarán problemas en el aula para ejemplificar con casos concretos los conceptos desarrollados en las clases de teoría. En ocasiones extraordinarias algunos de los conceptos teóricos podrán desarrollarse en las clases de problemas.

Los problemas se resolverán en la pizarra. Cada problema se iniciará con una discusión previa en la que se pedirá a los alumnos que sugieran posibles estrategias de resolución. En esta discusión se intentará mostrar al alumno cómo relacionar la información que se proporciona en los enunciados con los conocimientos que ya posee para encontrar la solución al problema. Posteriormente el profesor resolverá los problemas o les dejará planteados para que los resuelvan los alumnos.

Se le facilitarán los enunciados de los problemas con suficiente antelación a través del Campus Virtual para que los alumnos puedan intentar resolverlos por sus propios medios.

### Entrega de cuestiones y problemas para su evaluación

Durante algunas de las sesiones de problemas se propondrá a los alumnos un problema breve o algunas cuestiones que deberán realizar individualmente en clase o en casa y entregar al profesor. Estos problemas se usarán para la evaluación continua de la asignatura.

Estos ejercicios tendrán que entregarse manuscritos con una letra suficientemente clara para facilitar la corrección.



Además, la resolución de estos ejercicios ayudará al profesor a detectar los conceptos y explicaciones que no han sido adquiridos correctamente por los alumnos, y le permiten incidir sobre ellos antes del examen final.

La corrección de estos ejercicios se proporcionará a los alumnos, lo que les permitirá conocer con suficiente antelación a la prueba final qué conceptos no tiene suficientemente claros y debe trabajar más. Además, motivan al alumno para estudiar la asignatura de forma continua.

La entrega de estos ejercicios para su evaluación es voluntaria, el alumno siempre puede renunciar a este método de evaluación continua.

### **Prueba parcial escrita**

Una vez finalizado el bloque 2 se realizará una prueba parcial escrita voluntaria. Si el alumno supera esta prueba queda exento de volverse a examinar de los contenidos incluidos en esta prueba. De esta forma se fomenta que se lleve la asignatura al día para poder reducir los contenidos de cara a la prueba final escrita de la asignatura.

### **Tutorías**

Al margen del horario lectivo, el alumno podrá disponer de 6 horas semanales para tutorías voluntarias individualizadas. Estas tutorías están destinadas a que el profesor resuelva las posibles dudas que tengan los alumnos, a orientarlos bibliográficamente y a asesorarles en los posibles trabajos y exposiciones que tengan que realizar.

El horario de las tutorías se comunicará en la presentación de la asignatura. Las tutorías se podrán solicitar en persona aprovechando las sesiones de aula, o a través del correo electrónico a la dirección [ivasan@tel.uva.es](mailto:ivasan@tel.uva.es).

## 7. Temporalización

**Nota:** La temporalización que aquí se presenta es una planificación orientativa de la asignatura. Si bien el objetivo es seguir lo más fielmente posible dicha planificación, no debe entenderse como algo totalmente cerrado e inflexible, sino que puede modificarse y adaptarse si las circunstancias así lo requieren.

Actividades de aula	Duración aproximada (horas presenciales)	Periodo previsto de desarrollo	Actividades previstas
<b>Bloque 1: Introducción: propiedades básicas y ópticas de los semiconductores</b>			
Tema 1 – Propiedades básicas de los semiconductores	11 horas	Semanas 1 y 2	Entrega de ejercicios
Tema 2 – Propiedades ópticas de los semiconductores	7 horas	Semanas 3 y 4	Entrega de ejercicios
<b>Bloque 2: Diodos emisores de luz (LEDs)</b>			
Tema 3 – LEDs	6 horas	Semanas 4 y 5	Entrega de ejercicios
Tema 4 – LEDs específicos: estructura, características y aplicaciones	8 horas	Semanas 5 a 7	Entrega de ejercicios
<b>Bloque 3: Diodos láser (LDs)</b>			Examen parcial (semana 10)
Tema 5 – LDs	12 horas	Semanas 7 a 11	Entrega de ejercicios
Tema 6 – LDs específicos: estructura, características y aplicaciones	10 horas	Semanas 11 a 13	Entrega de ejercicios
<b>Bloque 4: Fotodiodos</b>			
Tema 7 – Fotodiodos	4 horas	Semana 14	Entrega de ejercicios

### Prueba parcial escrita

- Se realizará la prueba parcial escrita al finalizar el Bloque 2, hacia la semana 10. La fecha concreta de esta prueba se fijará durante el curso y será consensuada con los alumnos.
- Tendrá una duración de 2 horas



## 8. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

Los contenidos y profundidad de la materia se diseñan para que el alumno invierta un total de 6 ECTS, que en total resultan unas 150 horas con la intención de que el esfuerzo se realice de la forma más uniforme posible a lo largo del cuatrimestre.

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teóricas	30	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas	28	Estudio y trabajo autónomo grupal	20
Otras actividades	2	Realización de ejercicios propuestos	10
<b>Total presencial</b>	<b>60</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>90</b>
<b>TOTAL presencial + no presencial</b>			<b>150</b>

- (1) Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

## 9. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Pruebas escritas	60%	<p>Estas pruebas son obligatorias para superar la asignatura.</p> <p>Se evaluarán por separado los bloques 1 y 2, y los bloques 3 y 4. La puntuación final es la media geométrica de las obtenidas en cada grupo de bloques:</p> $Nota_{Final} = \sqrt{Nota_{1-2} \cdot Nota_{3-4}}$ <p>Hay que obtener una calificación igual o superior a 4.5 puntos sobre 10 en la nota final de las pruebas escritas.</p>
Entrega de ejercicios	40%	<p>La nota de este procedimiento es la media aritmética de las notas obtenidas en cada uno de los ejercicios evaluados.</p> <p>No hay nota mínima.</p>

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**

Es condición necesaria para aprobar la asignatura en convocatoria ordinaria obtener una calificación final de al menos 5.0 sobre 10.0.

Sólo obtendrán la calificación de "No Presentado" los alumnos que no participen en ninguno de los procedimientos de evaluación.

#### Pruebas escritas

Consistirán en una serie de cuestiones breves teórico-prácticas y problemas para aplicar de forma práctica los conceptos adquiridos durante la asignatura.

Habrán dos pruebas escritas, una parcial a mitad de la asignatura y una final:

- La prueba parcial incluirá los contenidos desarrollados en los bloques 1 y 2. La fecha concreta de esta prueba se consensuará con los alumnos. La nota obtenida se utilizará para calcular la nota final de las pruebas escritas ( $Nota_{1-2}$  en la fórmula utilizada).
- La prueba final coincidirá con la fecha de la convocatoria ordinaria y tendrá dos partes:
  - la primera parte evalúa los contenidos de los bloques 1 y 2 ( $Nota_{1-2}$ ). Esta parte la tendrán que hacer los alumnos que no hayan realizado la prueba parcial, o quienes quieran mejorar la nota de los bloques 1 y 2 obtenida en el examen parcial.
  - la segunda parte evalúa los contenidos de los bloques 3 y 4 ( $Nota_{3-4}$ ).

Es condición necesaria para superar la asignatura en convocatoria ordinaria obtener una nota final en las pruebas escritas de al menos 4.5 sobre 10.0.

Quienes no alcancen la calificación mínima en las pruebas escritas, obtendrán como calificación final de la asignatura la obtenida en las pruebas escritas ponderada sobre 10.

La realización de las pruebas escritas es obligatoria para superar la asignatura. Aquellos alumnos que solo se presenten a una de las pruebas que evalúa cada mitad de la asignatura, obtendrán como nota final de la asignatura la mitad de la calificación obtenida en la parte a la que se presentaron (no se tendrá en cuenta la nota obtenida de los ejercicios entregados). Si la nota de la parte calificada estuviera entre 9 y 10 sobre 10, se les asignará un 4.5 en la nota final de la asignatura. En estos casos no se tendrá en cuenta la nota obtenida en los ejercicios evaluables.



#### Ejercicios entregados

Representan un método de evaluación continua de la asignatura, y consistirán en cuestiones breves y problemas sobre los contenidos desarrollados en la asignatura.

Cada uno de los ejercicios se puntuará sobre 10, y la nota de este procedimiento será la media aritmética de las notas obtenidas en los ejercicios entregados.

Para poder optar a este procedimiento de evaluación continua será necesario entregar al menos el 80% de los ejercicios que se planteen durante la asignatura.

Los alumnos que no lleguen a ese porcentaje, o que renuncien a este procedimiento de evaluación, obtendrán la nota final de la asignatura únicamente de las pruebas escritas, en cuyo caso supondrá el 100% de la calificación final.

- **Convocatoria extraordinaria:**

Es condición necesaria para aprobar la asignatura en convocatoria extraordinaria obtener una calificación final de al menos 5.0 sobre 10.0.

Sólo obtendrán la calificación de "No Presentado" los alumnos que no participen en ninguno de los procedimientos de evaluación.

#### Prueba escrita

Tendrá dos partes como en la convocatoria ordinaria: la primera evalúa los bloques 1 y 2 (*Nota<sub>1-2</sub>*), y la segunda los bloques 3 y 4 (*Nota<sub>3-4</sub>*).

Los alumnos se tendrán que examinar de una parte o de las dos en función de los resultados obtenidos en las pruebas escritas en convocatoria ordinaria.

Es condición necesaria para superar la asignatura en convocatoria extraordinaria obtener una nota final en las pruebas escritas de al menos 4.5 sobre 10.0.

Quienes no alcancen la calificación mínima en las pruebas escritas, obtendrán como calificación final de la asignatura la obtenida en las pruebas escritas ponderada sobre 10.

Aquellos alumnos que únicamente tengan calificación en una de las partes obtendrán como nota final de la asignatura la mitad de la calificación que tengan. Si la nota de la parte calificada estuviera entre 9 y 10 sobre 10, se les asignará un 4.5 en la nota final de la asignatura. En estos casos no se tendrá en cuenta la nota obtenida en los ejercicios evaluables.

#### Ejercicios entregados

Se proporcionarán una serie de ejercicios adicionales de dificultad similar a los realizados durante el curso. Habrá al menos un par de ejercicios por cada bloque de la asignatura.

Estos ejercicios tendrán que entregarse como muy tarde en la fecha de la prueba de la convocatoria extraordinaria que figura en el calendario de exámenes de la E.T.S.I. Telecomunicación.

Cada ejercicio se evaluará sobre 10 puntos, y las notas que se obtengan reemplazarán las peores notas de cada bloque obtenidas con los ejercicios entregados durante el desarrollo de la asignatura.

Si las notas de los ejercicios realizados para la convocatoria extraordinaria no superaran las notas de los ejercicios de la convocatoria ordinaria, se mantendrá la calificación obtenida en la convocatoria ordinaria.

Los alumnos podrán renunciar a la realización de estos ejercicios adicionales en la convocatoria extraordinaria. Esto supondrá renunciar a este procedimiento de calificación. En este caso, su calificación se obtendrá únicamente de la nota obtenida en las pruebas escritas en la convocatoria extraordinaria.

En ningún caso se mantendrá la nota de ningún procedimiento si un alumno vuelve a cursar la asignatura en un curso posterior.

## 10. Consideraciones finales

En la sesión de presentación de la asignatura se informará sobre los detalles de esta guía docente y sobre las actividades que se realizarán.