

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Asignatura	OPTOELECTRONICA		
Materia	ELECTRÓNICA PARA COMUNICACIONES		
Módulo	MATERIAS ESPECÍFICAS de la MENCIÓN EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS		
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN MENCIÓN EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS		
Plan	512	Código	46651
Periodo de impartición	1º CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OPTATIVA
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	4º
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	Iván Santos Tejido		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	DESPACHO: 1D046, E.T.S.I. TELECOMUNICACIÓN TELÉFONO: 983 423000 ext. 5512 E-MAIL: ivasan@tel.uva.es		
Departamento	ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

La asignatura de “*Optoelectrónica*” pertenece a la materia de Electrónica para Comunicaciones, y se desarrolla en el cuarto curso del Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación. Las asignaturas de esta materia están orientadas a proporcionar conocimientos sobre dispositivos electrónicos especializados para la transmisión, el encaminamiento o enrutamiento y los terminales, tanto en entornos fijos como móviles.

En el caso de la asignatura de “*Optoelectrónica*”, ésta se centra en aquellos dispositivos semiconductores capaces de emitir y detectar radiación electromagnética, en los materiales que los constituyen, su principio de funcionamiento y sus principales aplicaciones. En concreto se estudiarán los diodos emisores de luz, los diodos láser, y los fotodiodos. El interés de este tipo de dispositivos en el ámbito de las telecomunicaciones se encuentra en el envío y recepción de información para la comunicación por fibra óptica.

1.2 Relación con otras materias

La asignatura de Optoelectrónica se encuentra en el último curso del grado. Presenta contenidos avanzados y por lo tanto se apoya en conocimientos desarrollados en asignaturas previas del grado:

- La materia de Física, y la asignatura de formación básica de “*Física*” del primer curso. En esta asignatura se abarcan los principales conceptos de la Física más relacionados con los contenidos propios del Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, y se analizan los principales fenómenos físicos implicados en la ingeniería de las telecomunicaciones.
- La materia de Electrónica Analógica, y en particular la asignatura de formación básica de “*Fundamentos de Electrónica*” del primer curso. En esta asignatura se presentan los conceptos básicos sobre la física de los semiconductores y el principio de operación de los diodos, dispositivo sobre el que se fundamentan los que se estudiarán en la asignatura de “*Optoelectrónica*”.
- La materia de Fundamentos de Ingeniería Electromagnética, y en particular la asignatura obligatoria de “*Campos Electromagnéticos*” del segundo curso. En esta asignatura se estudia la propagación de las ondas electromagnéticas y se presentan conceptos que serán utilizados en la asignatura de “*Optoelectrónica*”, como por ejemplo las características de la radiación electromagnética, o los fenómenos de reflexión y refracción.

Además, la asignatura de “*Optoelectrónica*” presenta contenidos que complementan los desarrollados por la asignatura de “*Sistemas Basados en Fibra Óptica*”, que es una asignatura optativa del 2º cuatrimestre del cuarto curso de la misma materia. En esa asignatura se estudian los fundamentos de la propagación por fibra óptica, y se estudia cómo aplicar los sistemas de fibra óptica en comunicaciones y en otros campos.

1.3 Prerrequisitos

Es altamente recomendable haber cursado y superado las asignaturas de:

- **Física**, asignatura de formación básica del primer.
- **Fundamentos de Electrónica**, asignatura de formación básica del primer.
- **Campos Electromagnéticos**, asignatura obligatoria del segundo curso.



2. Competencias

2.1 Generales comunes

- GC1. Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2. Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
- GC3. Capacidad para trabajar en cualquier contexto, individual o en grupo, de aprendizaje o profesional, local o internacional, desde el respeto a los derechos fundamentales, de igualdad de sexo, raza o religión y los principios de accesibilidad universal, así como la cultura de paz.

2.2 Generales a desarrollar en materias específicas de Sistemas Electrónicos

- GBE2. Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- GBE3. Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- GBE4. Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- GBE5. Capacidad para elaborar informes basados en el análisis crítico de la bibliografía técnica y de la realidad en el campo de su especialidad.
- GE3. Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos.

2.3 Específicas de Sistemas Electrónicos

- SE2. Capacidad para seleccionar circuitos y dispositivos electrónicos especializados para la transmisión, el encaminamiento o enrutamiento y los terminales, tanto en entornos fijos como móviles
- SE3. Capacidad de realizar la especificación, implementación, documentación y puesta a punto de equipos y sistemas, electrónicos, de instrumentación y de control, considerando tanto los aspectos técnicos como las normativas reguladoras correspondientes.



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 de semiconductores que existen.
2. Comprender el principio de funcionamiento de los principales dispositivos optoelectrónicos y la fenomenología subyacente.
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

Este bloque introductorio abarca los dos primeros temas de la asignatura en los que se recuerdan conceptos vistos en asignaturas previas y se introducen otros de especial relevancia para la asignatura.

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 y concentración de portadores.
- 1.6.- Dopado de semiconductores.
- 1.7.- Fenómenos de generación y recombinación.
- 1.8.- Eficiencia de recombinación radiativa.
- 1.9.- Heteroestructuras semiconductoras.

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

Consultar apartado 7 del presente documento

f. Evaluación

Prueba escrita y entrega de problemas (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 GaAsP.
- 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 de 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

Consultar apartado 7 del presente documento

f. Evaluación

Prueba escrita y entrega de problemas (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 presenta los conceptos relacionados con los diodos láser (LDs). El primer tema describe su principio de funcionamiento y características, y el segundo presenta LDs 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 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 de 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

Consultar apartado 7 del presente documento

f. Evaluación

Prueba escrita y entrega de problemas (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: Fotodetectores: Fotodiodos

Carga de trabajo en créditos ECTS: 0.5

a. Contextualización y justificación

En este bloque se estudian los fotodetectores, en particular los fotodiodos. Se describe su principio de funcionamiento y características, y después 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.
- 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 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.
- Adquirir una visión representativa de las principales tendencias de innovación tecnológica en fotodiodos.



c. Contenidos

TEMA 7 – FOTODIODOS (PDs)

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

d. Métodos docentes

Se empleará:

- Clase magistral participativa.
- Clases de problemas tutelados.
- Trabajo autónomo de 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

Consultar apartado 7 del presente documento

f. Evaluación

Prueba escrita y entrega de problemas (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). 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, "Ligth-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 problemas

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.



7. Temporalización

Atención: 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.

Sesiones de aula:

Actividades de aula	Duración aproximada (horas presenciales)	Periodo previsto de desarrollo	Actividades previstas
Bloque 1: Introducción: propiedades básicas y ópticas de los semiconductores			
Tema 1 – Propiedades básicas de los semiconductores	11 horas	Semanas 1 a 3	Entrega de ejercicios
Tema 2 – Propiedades ópticas de los semiconductores	7 horas	Semanas 3 a 4	Entrega de ejercicios
Bloque 2: Diodos emisores de luz (LEDs)			
Tema 3 – LEDs	6 horas	Semanas 4 a 6	Entrega de ejercicios
Tema 4 – LEDs específicos: estructura, características y aplicaciones	8 horas	Semanas 6 a 8	Entrega de ejercicios
Bloque 3: Diodos láser (LDs)			Examen parcial (semana 10)
Tema 5 – LDs	12 horas	Semanas 8 a 12	Entrega de ejercicios
Tema 6 – LDs específicos: estructura, características y aplicaciones	10 horas	Semanas 12 a 14	Entrega de ejercicios
Bloque 4: Fotodiodos			
Tema 7 – Fotodiodos	4 horas	Semana 15	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 ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teóricas de aula	30	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas	28	Estudio y trabajo autónomo grupal	20
Examen parcial	2	Realización de ejercicios propuestos	10
Total presencial	60	Total no presencial	90
		TOTAL	150

**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 entregados.



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 (*Nota₁₋₂*), y la segunda los bloques 3 y 4 (*Nota₃₋₄*).

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.