

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	SISTEMAS Y REDES DE COMUNICACIONES ÓPTICAS		
<b>Materia</b>	COMUNICACIONES		
<b>Módulo</b>	MATERIAS ESPECÍFICAS DE LA MENCIÓN EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	512	<b>Código</b>	46636
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA DE LA MENCIÓN
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	4º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	EVARISTO J. ABRIL DOMINGO NOEMÍ MERAYO ÁLVAREZ IGNACIO DE MIGUEL JIMÉNEZ LIDIA RUIZ PÉREZ DIEGO HORTELANO HARO		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983 423000 ext. 3665 / ext. 5549 / ext. 5574 E-MAIL: <a href="mailto:ejabril@tel.uva.es">ejabril@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:noemer@tel.uva.es">noemer@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:ignacio.miguel@tel.uva.es">ignacio.miguel@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:lruiper@ribera.tel.uva.es">lruiper@ribera.tel.uva.es</a> , <a href="mailto:diego.hortelano@uva.es">diego.hortelano@uva.es</a>		
<b>Horario de tutorías</b>	Ver Tutorías en <a href="http://www.uva.es/export/sites/uva/2.docencia/2.01.grados/2.01.02.ofertaformativagrados/2.01.02.01.alfabetica/Grado-en-Ingenieria-de-Tecnologias-Especificas-de-Telecomunicacion/">http://www.uva.es/export/sites/uva/2.docencia/2.01.grados/2.01.02.ofertaformativagrados/2.01.02.01.alfabetica/Grado-en-Ingenieria-de-Tecnologias-Especificas-de-Telecomunicacion/</a>		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		

## **1. Situación / Sentido de la Asignatura**

---

### **1.1 Contextualización**

---

Debido al auge de los nuevos servicios de Internet, los requisitos que se le solicitan a las redes de comunicaciones son cada vez mayores. Es en este contexto donde la fibra óptica se convierte en el medio principal para el establecimiento de estas redes debido, fundamentalmente, a su gran ancho de banda. El potencial de este medio de transmisión así como sus problemas ya fue estudiado en la asignatura “Comunicaciones Ópticas” de esta misma materia. En dicha asignatura también se estudiaron los principales componentes de un sistema de comunicaciones ópticas así como el diseño de enlaces.

Sin embargo, la asignatura “Comunicaciones Ópticas” estaba centrada en enlaces de fibra óptica punto a punto. La presente asignatura tiene por objetivo fundamental el estudio de redes de comunicaciones por fibra óptica, así como las técnicas de diseño y control asociadas. Por tanto, se estudiarán las actuales y futuras tecnologías que se emplearán en estas redes de comunicaciones tanto en el ámbito de redes de transporte como de redes de acceso. De esta forma, tras haber cursado ambas asignaturas, los alumnos adquirirán una formación inicial sólida relacionada con el desarrollo de infraestructuras de fibra óptica.

### **1.2 Relación con otras materias**

---

Esta asignatura está especialmente relacionada con tres asignaturas:

- “Comunicaciones Ópticas” en la que se estudian los fundamentos básicos de las comunicaciones por fibra óptica.
- “Sistemas de Transmisión” en la que se estudian los parámetros y caracterización de los medios de transmisión así como la codificación de canal y el acceso múltiple y compartido a canales de transmisión.
- “Sistemas de Telecomunicación” en la que se estudian redes de acceso y transporte entre las que se encuentran aquellas que utilizan la fibra óptica como medio de transmisión.

### **1.3 Prerrequisitos**

---

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, aunque sí recomendaciones lógicas que el alumno debería tener en cuenta. Es muy recomendable haber cursado la asignatura “Comunicaciones Ópticas” del 2º cuatrimestre de 3º curso. Además, es recomendable haber cursado la materia “Fundamentos de Comunicaciones” del “Bloque de Materias Básicas”, la asignatura “Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios” del 2º curso y la asignatura “Programación” de 1º.

## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- 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.
- GE2. Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y multilingüe, responsabilizándose de la dirección de actividades objeto de los proyectos del ámbito de su especialidad y consiguiendo resultados eficaces.
- GE3. Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos.
- GE4. Capacidad para desarrollar proyectos en el ámbito de su especialidad que satisfagan las exigencias técnicas, estéticas y de seguridad, aplicando elementos básicos de gestión económica-financiera, de recursos humanos, organización y planificación de proyectos.
- GE5. Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, así como el desarrollo sostenible del ámbito correspondiente.
- 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 Específicas

- ST1. Capacidad para construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.
- ST2. Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.
- ST3. Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.
- ST5. Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias.



### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Describir los principales componentes de los sistemas y redes de comunicaciones ópticas.
- Explicar los fundamentos y técnicas empleadas en los sistemas de comunicaciones por fibra óptica de alta velocidad ( $\geq 40$  Gbit/s), así como en sistemas y redes ópticas inalámbricos.
- Enumerar y describir los elementos más importantes de una red de acceso óptica.
- Describir el principio de funcionamiento de una red de acceso óptica pasiva PON tanto en el canal de subida (*upstream*) como en el de bajada (*downstream*).
- Enumerar y describir las características fundamentales de los estándares de redes PON.
- Enumerar y describir los protocolos de control de acceso al medio más utilizados para gestionar los canales de subida y bajada en una red PON.
- Diferenciar y saber explicar diferentes políticas para gestionar los recursos y la calidad de servicio en redes PON.
- Conocer las arquitecturas de redes PON actuales más novedosas hoy en día.
- Describir los fundamentos de las redes SDH y sus mecanismos de protección.
- Describir qué son las redes con encaminamiento por longitud de onda (WRON), sus características y técnicas de diseño.
- Explicar los principios básicos de los mecanismos de control de las redes ópticas.
- Dimensionar redes SDH y WRON.
- Diferenciar entre redes de conmutación circuitos, paquetes y ráfagas.
- Describir las arquitecturas básicas de redes de conmutación óptica de paquetes y los métodos de resolución de contienda.
- Describir la arquitectura básica y funcionamiento de las redes ópticas de ráfagas.
- Describir los fundamentos de las redes ópticas elásticas.
- Implementar en software mecanismos básicos de dimensionamiento y/o control de redes ópticas de transporte y acceso.
- Escribir informes técnicos o tecnoeconómicos correctos tanto en la forma como en el fondo.

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

##### Bloque 1: Tecnologías de los Sistemas y Redes de Comunicaciones Ópticas

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.0

###### a. Contextualización y justificación

Este primer bloque de la asignatura consta de tres temas. En el primer tema se proporciona una breve introducción a las redes de comunicaciones ópticas. Esto permite dar un marco de referencia en el que encajan los contenidos que se abordan a lo largo de la asignatura. También como parte de dicho tema se repasan los conceptos más importantes abordados en la asignatura de “Comunicaciones Ópticas” de 3er curso y necesarios para seguir la asignatura, a la vez que se describen nuevos componentes necesarios para el montaje de redes ópticas. El tema 2 profundiza en el estudio de los sistemas de comunicaciones ópticas realizado en “Comunicaciones Ópticas”. Concretamente estudia las características de los sistemas de comunicaciones ópticas más modernos, los cuales operan a 40 e incluso 100 Gbit/s, basándose en el empleo de técnicas coherentes. Finalmente el tema 3 aborda las tecnologías relacionadas con los sistemas de comunicaciones ópticas no guiados, esto es, aquellos en los que la luz no viaja por la fibra óptica y que también cuentan con diversas aplicaciones.

###### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Describir los principales componentes de los sistemas y redes de comunicaciones ópticas.
- Enumerar y describir los principales problemas de la propagación por la fibra óptica (atenuación, dispersión y efectos no lineales) así como métodos para minimizar su impacto.
- Enumerar y describir brevemente técnicas usadas y prometedoras para sistemas de comunicaciones ópticas de alta velocidad ( $\geq 40$  Gbit/s).
- Dibujar el esquema básico de los sistemas de comunicaciones ópticas con modulación en fase y explicar su funcionamiento.
- Describir las principales características y aplicaciones de los sistemas de comunicaciones ópticas no guiados.

###### c. Contenidos

###### TEMA 1: Tecnologías Básicas de los Sistemas y Redes de Comunicaciones Ópticas

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Introducción a las redes de comunicaciones ópticas
- 1.3 Componentes de los sistemas y redes de comunicaciones ópticas
- 1.4 Fundamentos de los sistemas de comunicaciones ópticas
- 1.5 Resumen

###### TEMA 2: Sistemas de Comunicaciones Ópticas a 40 y 100 Gb/s

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Motivación y tendencias
- 2.3 Transmisores para sistemas de comunicaciones ópticas con modulaciones “avanzadas”



2.4 Receptores para sistemas de comunicaciones ópticas con modulaciones “avanzadas”

2.5 Resumen

### **TEMA 3: Sistemas de Comunicaciones Ópticas No Guiados**

3.1 Objetivos

3.2 Comunicaciones ópticas no guiadas en exteriores

3.3 Comunicaciones ópticas no guiadas en interiores

3.4 Resumen

#### **d. Métodos docentes**

---

- Clase magistral participativa
- Gamificación
- Aprendizaje colaborativo

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

---

Véase el Anexo I.

#### **f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.
- Entrega de problemas/cuestiones.
- Examen al final del cuatrimestre.

#### **g Material docente**

---

##### **g.1 Bibliografía básica**

---

- R. Ramaswami, K.N. Sivarajan, *Optical Networks: A Practical Perspective*, Second Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2001
- J. M. Senior, *Optical Fiber Communications: Principles and Practice*, 3rd. ed. Prentice-Hall, 2008.
- J. Capmany, B. Ortega, *Redes de Comunicaciones Ópticas*, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, 2006.

##### **g.2 Bibliografía complementaria**

---

- S. Hranilovic, *Wireless Optical Communication Systems*, Springer, 2005.
- Z. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Rajbhandari, *Optical Wireless Communications: System and Channel Modelling with MATLAB*, CRC Press, 2012.
- B. Mukherjee, *Optical WDM Networks*, Springer, 2006.
- G. Keiser, *Optical Fiber Communications*, 3rd. ed., Mc-Graw Hill, 2000.

##### **g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

---

### h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Documentación de apoyo.

### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1.0 ECTS	Semana 1 a 3

## Bloque 2: Redes Ópticas de Acceso

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.6

### a. Contextualización y justificación

En este bloque de la asignatura se lleva a cabo un análisis del estado del arte de las redes de acceso ópticas, así como de su despliegue masivo actual. Para ello, en primer lugar se hará una breve introducción a las redes de acceso actuales, describiendo las infraestructuras basadas en cobre, cable coaxial y fibra óptica (tecnologías FTTx, *Fiber To The x*). A continuación, se estudiará con profundidad la tecnología de acceso óptico más desplegada hoy en día, esto es, las redes de Acceso Ópticas Pasivas (PONs, *Passive Optical Networks*). Se describirán los componentes ópticos activos y pasivos que pueden aparecer en dicho tipo de redes, así como su funcionalidad dentro de la red. Así mismo, se analizarán los distintos estándares PON más extendidos en la actualidad. Por otro lado, se describirán en profundidad los protocolos de control de acceso al medio que gestionan este tipo de redes, así como diferentes algoritmos de gestión de recursos que controlan la calidad de servicio final en este tipo de redes. Finalmente, se describirán algunas de las arquitecturas más actuales y novedosas en el despliegue de redes PON.

### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Enumerar los elementos más importantes de una red de acceso óptica.
- Enumerar y describir las tecnologías de acceso más desplegadas hoy en día.
- Describir el principio de funcionamiento de una red de acceso óptica pasiva PON tanto en el canal de subida (*upstream*) y en el de bajada (*downstream*).
- Describir los componentes más importantes de una red PON, así como sus funcionalidades principales.
- Enumerar y describir las características fundamentales de los estándares de redes PON.
- Enumerar y describir los protocolos de control de acceso al medio más utilizados para gestionar los canales de subida y bajada en una red PON.
- Diferenciar y saber explicar diferentes políticas para gestionar los recursos y la calidad de servicio en redes PON.

- Conocer las arquitecturas de redes PON actuales más novedosas hoy en día.
- Implementar en software mecanismos básicos de gestión de recursos en redes ópticas de acceso.
- Escribir informes técnicos correctos tanto en la forma como en el fondo.

### **c. Contenidos**

---

#### **TEMA 4: Introducción a las redes de acceso ópticas**

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Introducción a las redes de acceso
- 4.3 Introducción a las tecnologías de acceso actuales
- 4.4 Resumen

#### **TEMA 5: Redes de Acceso Ópticas Pasivas PON (*Passive Optical Network*)**

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Introducción a las redes de acceso PON
- 5.3 Estándares de redes de acceso PON
- 5.4 Protocolos de control de acceso al medio en redes PON
- 5.5 Algoritmos de gestión de recursos y calidad de servicios en redes PON
- 5.6 Resumen

#### **TEMA 6: Nuevas arquitecturas de redes PON**

- 6.1 Objetivos
- 6.2 Redes PON de larga distancia *Long-reach PON*
- 6.3 Redes WDM-PON (*Wavelength Division Multiplexing*)
- 6.4 Redes híbridas fibra-inalámbricas (FIWI)
- 6.5 Resumen

#### **PRÁCTICA(S): Diseño, dimensionado y/o control de redes de comunicaciones ópticas de acceso**

### **d. Métodos docentes**

---

- Clase magistral participativa
- Seminarios de profundización mediante la resolución de problemas y casos prácticos.
- Resolución de casos y realización de proyectos en laboratorio.

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

---

Véase el Anexo I.

### **f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.
- Entrega de problemas/cuestiones.
- Valoración de las prácticas realizadas en el laboratorio y de los informes asociados.
- Examen al final del cuatrimestre.

## g Material docente

### g.1 Bibliografía básica

- M. Pesavento, A. Kelsey, PONs for the Broadband Local Loop, Lightwave, 1999.
- G. Kramer, B- Mukherjee, A. Maislos, *Multiprotocol over DWDM: Building the Next Generation Optical Internet*. Ed., Sudhir Dixit, John Wiley & Sons, 2003.
- C.F. Lam, *Passive Optical Networks, Principles and Practice*, Editorial Elsevier, 2007.

### g.2 Bibliografía complementaria

- I.P. Chochliouros, G. Heliotis, *Optical Access Networks and Advanced Photonics: Technologies and Deployment Strategies*, Editorial IGI GLOBAL, Hershey (New York), 2009.
- J. M. Senior, *Optical Fiber Communications: Principles and Practice*, 3rd. ed. Prentice-Hall, 2008.
- IEEE 802.3ah Ethernet in the First Mile Task Force, IEEE 802.3ah Ethernet in the First Mile Task Force  
Disponible en: <http://www.ieee802.org/3/efm/public/>.
- Manual de OMNeT++. Disponible en: <http://omnetpp.org/>
- Recomendación G.984.1. Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales.  
Disponible en: [www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es](http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es).

### g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

## h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Diversa documentación de apoyo, incluyendo lecturas complementarias y vídeos didácticos.
- Simulador de redes de acceso PON en la plataforma de simulación OMNeT++.

## i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1.6 ECTS	Semanas 3 a 6

### Bloque 3: Redes Ópticas de Transporte

Carga de trabajo en créditos ECTS: 3.4

#### a. Contextualización y justificación

Este bloque está orientado al estudio de las redes ópticas de transporte, también llamadas redes troncales o redes de área extensa (WAN, *Wide Area Network*). Comenzaremos con las redes ópticas de primera generación que emplean SDH/SONET. Estas redes son las más utilizadas en la actualidad. Posteriormente pasaremos a ver las redes con encaminamiento por longitud de onda o redes WRON (*Wavelength-Routed Optical Network*), las cuales utilizan la multiplexación en longitud de onda para aumentar la capacidad de las redes y también para realizar funciones de encaminamiento en el dominio óptico. Dentro de este apartado se verá una pequeña introducción a técnicas de optimización puesto que son herramientas básicas para el diseño de estas redes. Las redes anteriores se basan en el establecimiento de circuitos ópticos. En el tema 6 veremos otras arquitecturas que también integran la conmutación óptica de paquetes y circuitos. Finalmente, en el tema 7 se verá una introducción al plano de control de las redes ópticas de transporte.

#### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Describir las características básicas de SDH.
- Enumerar los elementos y topologías básicas de una red SDH.
- Conocer cómo se puede ofrecer supervivencia ante fallos en redes ópticas.
- Describir qué son las redes con encaminamiento por longitud de onda (WRON).
- Describir los tipos básicos de WRON y las ventajas y desventajas de cada uno.
- Describir los problemas que deben resolverse para diseñar cada tipo de WRON.
- Determinar una cota inferior en el número de longitudes de onda necesarias para establecer un conjunto de conexiones ópticas en una red.
- Establecer "a ojo" un conjunto (pequeño) de *lightpaths* en una red óptica sin conversión de longitud de onda reutilizando espacialmente las longitudes de onda.
- Enumerar y explicar los subproblemas en los que se divide el problema VTDE.
- Describir los mecanismos y arquitecturas de control en las redes ópticas.
- Diferenciar entre redes de circuitos, paquetes y ráfagas.
- Describir las arquitecturas básicas de redes de conmutación óptica de paquetes.
- Enumerar métodos para la resolución de problemas de contienda en redes ópticas de paquetes.
- Conocer la arquitectura básica y funcionamiento de las redes ópticas de ráfagas.
- Utilizar correctamente el esquema de señalización JET en una pequeña red de ráfagas.
- Describir los fundamentos de las redes ópticas elásticas.
- Dimensionar redes SDH y WRON.
- Implementar en software mecanismos básicos de dimensionamiento y/o control de redes ópticas de transporte
- Escribir informes técnicos o tecnoeconómicos correctos tanto en la forma como en el fondo.

### c. Contenidos

---

#### **TEMA 7: Redes SDH**

- 7.1 Objetivos
- 7.2 Fundamentos de SDH
- 7.3 Infraestructuras de las redes SDH
- 7.4 Supervivencia en redes SDH
- 7.5 Resumen

#### **TEMA 8: Redes con Encaminamiento por Longitud de Onda**

- 8.1 Objetivos
- 8.2 Conceptos básicos
- 8.3 Tipos de redes WRON
- 8.4 El problema RWA (*Routing and Wavelength Assignment*) estático
- 8.5 El problema VTDE (*Virtual Topology Design and Embedding*)
- 8.6 El problema RWA dinámico
- 8.7 Supervivencia en redes WRON
- 8.8 Resumen

#### **TEMA 9: Plano de Control en Redes Ópticas**

- 9.1 Objetivos
- 9.2 Fundamentos
- 9.3 GMPLS
- 9.4 Resumen

#### **TEMA 10: Nuevas Arquitecturas de Redes Ópticas**

- 10.1 Objetivos
- 10.2 Redes ópticas de paquetes
- 10.3 Redes ópticas de ráfagas
- 10.4 Redes ópticas elásticas
- 10.5 Resumen

#### **PRÁCTICA(S): Diseño, dimensionado y control de redes ópticas de transporte**

### d. Métodos docentes

---

- Clase magistral participativa
- Seminarios de profundización mediante la resolución de problemas y casos prácticos.
- Resolución de casos y realización de proyectos en laboratorio.

### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

## f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.
- Entrega de problemas/cuestiones.
- Valoración de la(s) práctica(s) realizadas en el laboratorio y de los informes asociados.
- Examen al final del cuatrimestre.

## g Material docente

### g.1 Bibliografía básica

- T. E. Stern, G. Ellinas, K. Bala. *Multiwavelength Optical Networks: A Layered Approach, Second Edition*. Cambridge University Press, 2008.
- R. Ramaswami, K. N. Sivarajan, G. Sasaki. *Optical Networks: A Practical Perspective, 3rd Edition*. Morgan Kaufmann Publishers, 2009.
- B. Mukherjee. *Optical WDM Networks*. Springer, 2006.

### g.2 Bibliografía complementaria

- A.M. Law, *Simulation Modeling and Analysis*, Wiley-Interscience McGraw Hill, 2000.
- Manual de OMNeT++. Disponible en: <http://omnetpp.org/>

### g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

- Videotutoriales sobre redes de transporte.

## h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Diversa documentación de apoyo, incluyendo lecturas complementarias y vídeos didácticos.
- Herramienta de dimensionado y planificación.
- Entorno de simulación OMNeT++ y Net2Plan.

## i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3.4 ECTS	Semanas 7 a 14

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Clase magistral participativa
- Seminarios de profundización mediante la resolución de problemas y casos prácticos.
- Resolución de casos y realización de proyectos en laboratorio.
- Aprendizaje colaborativo
- Gamificación

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

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	25	Estudio y trabajo autónomo individual <sup>(2)</sup>	90-60
Clases prácticas de aula (A)	0	Estudio y trabajo autónomo grupal <sup>(2)</sup>	0-30
Laboratorios (L)	20		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	15		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	0		
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

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

(2) La distribución de horas de trabajo autónomo individual/grupal podrá variar entre el rango señalado dependiendo de la evolución de la pandemia por COVID-19.

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Prácticas de la asignatura	70%	En la evaluación de las prácticas se valorará la actitud del alumno en clase, las memorias entregadas y, en su caso, una revisión in-situ (o vía telemática) del software desarrollado. Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4/10.
Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas en aula física y/o virtual	5%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4/10 al combinar la puntuación de estos dos apartados para superar la asignatura.
Resolución de cuestiones/problemas a lo largo de la asignatura	25%	

**CRITERIOS DE CALIFICACIÓN**

- Además, se realizará un examen opcional (escrito, o telemático, si es necesario) al finalizar la asignatura. Este examen sirve para aumentar la nota hasta en 1 punto. La calificación de este examen se sumará a la nota final siempre que la nota obtenida en él sea superior a 5 sobre diez. En ese caso, el incremento de la nota será:  $(\text{nota del examen} - 5) \times 0.2$ .
- La realización del examen será condición necesaria (pero no suficiente) para poder obtener Matrícula de Honor.
- Para obtener Matrícula de Honor será necesario realizar el examen, sacar al menos un 6 en el mismo, y que además la nota final de la asignatura sea al menos 9.7 (además de tenerse en cuenta las limitaciones impuestas por el Reglamento de Ordenación Académica en el número máximo de Matrículas de Honor que pueden otorgarse en cada asignatura).
- Si un alumno no alcanza alguno de los requisitos mínimos descritos en la tabla anterior, su calificación final en la asignatura será el mínimo entre el valor calculado según la ponderación descrita en la tabla y 4.5.
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - Se mantiene la calificación obtenida en el primer instrumento de la tabla (prácticas), realizándose un examen final que supondrá el 30% restante de la nota.
  - Las condiciones para superar la asignatura son las mismas que en la convocatoria ordinaria. (Debe notarse por tanto que es necesario haber realizado las prácticas durante el cuatrimestre, en las fechas/horas señaladas a tal efecto en el horario del curso, para poder superar la asignatura incluso en la convocatoria extraordinaria.)
- En caso de acceder a la **convocatoria extraordinaria fin de carrera**, la evaluación se realizará mediante un único examen, cuya puntuación será directamente la calificación de dicha convocatoria.

**8. Consideraciones finales**

El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.