

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Asignatura	SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICAS		
Materia	COMUNICACIONES GUIADAS		
Módulo	MATERIAS ESPECÍFICAS DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	460	Código	45043
Periodo de impartición	2º CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OPTATIVA
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	4º
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	EVARISTO J. ABRIL DOMINGO NOEMÍ MERAYO ÁLVAREZ IGNACIO DE MIGUEL JIMÉNEZ LIDIA RUIZ PÉREZ DIEGO HORTELANO HARO		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 983 423000 ext. 3665 / ext. 5549 / ext. 5574 E-MAIL: ejabril@tel.uva.es , noemer@tel.uva.es , ignacio.miguel@tel.uva.es , lruiper@ribera.tel.uva.es , diego.hortelano@uva.es		
Horario de tutorías	Ver Tutorías en 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-de-Telecomunicacion/		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Hay una clara necesidad de desarrollar infraestructuras para transportar el creciente volumen de tráfico de voz y de datos, y los sistemas de comunicaciones ópticas (esto es, aquéllos que utilizan la luz para transportar información), y fundamentalmente los que utilizan la fibra óptica, son una excelente solución en muchos casos. Por lo tanto, hay una necesidad de formar profesionales en esta área. El potencial de la fibra óptica frente a otras alternativas de transmisión guiada ya fue estudiado en la asignatura “Sistemas de Comunicaciones Guiadas” de esta misma materia.

Sin embargo, la asignatura “Sistemas de Comunicaciones Guiadas” estaba centrada, en lo relativo a comunicaciones ópticas, en enlaces de fibra óptica punto a punto. La presente asignatura profundiza en el estudio de los sistemas de comunicaciones ópticas e introduce el estudio de las redes de comunicaciones por fibra óptica, así como las técnicas de diseño y control asociadas.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está especialmente relacionada con la asignatura de “Sistemas de Comunicaciones Guiadas” en la que se estudian (entre otros aspectos) los fundamentos básicos de las comunicaciones por fibra óptica.

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 “Sistemas de Comunicaciones Guiadas” 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.
- GE1. Capacidad para trabajar en diversos entornos como laboratorios y empresas, supervisados por profesionales especializados.
- 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.

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.
- ST3. Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.

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 sistemas de comunicaciones por fibra óptica hasta 10 Gb/s.
- Explicar los fundamentos y técnicas empleadas en sistemas de comunicaciones por fibra óptica a tasas de 40 Gbit/s y superiores.
- Describir los fundamentos de las redes de acceso ópticas pasivas (PON, *Passive Optical Network*).
- Describir los fundamentos de las redes SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) y sus mecanismos de protección.
- Describir los fundamentos de las redes con encaminamiento por longitud de onda (WRON, *Wavelength-Routed Optical Networks*).
- Describir los fundamentos de la conmutación óptica de paquetes y de ráfagas y su aplicación en el diseño de redes ópticas.
- 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 de comunicaciones por fibra óptica.
- Buscar, seleccionar y analizar bibliografía (incluyendo artículos científicos/técnicos) sobre redes de comunicaciones ópticas para estudiar el estado del arte de un determinado tema.
- Escribir informes técnicos o tecnoeconómicos correctos tanto en la forma como en el fondo.
- Exponer oralmente temas técnicos con ayuda de herramientas software como PowerPoint (o similares) de forma eficaz.

4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: Componentes y Sistemas de Comunicaciones Ópticas

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.2

a. Contextualización y justificación

Este primer bloque de la asignatura se centra en el estudio de los componentes y los sistemas de comunicaciones ópticas. En primer lugar, se realiza la presentación de la asignatura y se proporciona una introducción a los distintos temas que van a abordarse en la misma. Esto permite dar un marco de referencia en el que encajan los contenidos que se abordan a lo largo de la asignatura. A continuación, el primer tema de la asignatura repasa los conceptos más importantes abordados en la asignatura de "Sistemas de Comunicaciones Guiadas" de 3er curso y necesarios para seguir la asignatura, a la vez que se describen nuevos componentes necesarios para el montaje de redes ópticas y las características de los sistemas de comunicaciones ópticas básicos (hasta 10 Gb/s) y emergentes (≥ 40 Gb/s).

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.
- Explicar los fundamentos y técnicas empleadas en sistemas de comunicaciones por fibra óptica hasta 10 Gb/s.
- Explicar los fundamentos y técnicas empleadas en sistemas de comunicaciones por fibra óptica a tasas de 40 Gbit/s y superiores.
- Buscar, seleccionar y/o analizar bibliografía (incluyendo artículos científicos/técnicos) sobre redes de comunicaciones ópticas para estudiar el estado del arte de un determinado tema.
- Exponer oralmente temas técnicos con ayuda de herramientas software como PowerPoint (o similares) de forma eficaz.

c. Contenidos

PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA E INTRODUCCIÓN

TEMA 1: Componentes y Sistemas de Comunicaciones Ópticas

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Componentes de los sistemas y redes de comunicaciones ópticas
- 1.3 Sistemas de comunicaciones ópticas básicos
- 1.4 Sistemas de comunicaciones ópticas emergentes
- 1.5 Resumen

PRÁCTICA: Sistemas de comunicaciones ópticas emergentes (revisión bibliográfica y exposición oral)

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.
- Realización de una presentación oral sobre la revisión bibliográfica realizada.
- Examen al final del cuatrimestre

g. Material docente

g.1 Bibliografía básica

- J. M. Senior, *Optical Fiber Communications: Principles and Practice*, 3rd. ed. Prentice-Hall, 2008.
- R. Ramaswami, K.N. Sivarajan, *Optical Networks: A Practical Perspective*, Second Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2001

g.2 Bibliografía complementaria

- G. Keiser, *Optical Fiber Communications*, 3rd. ed., Mc-Graw Hill, 2000.
- J. Capmany, B. Ortega, *Redes de Comunicaciones Ópticas*, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, 2006.
- B. Mukherjee, *Optical WDM Networks*, Springer, 2006.

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.
- Acceso a la biblioteca digital de la Universidad de Valladolid.
- Documentación de apoyo.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1.2 ECTS	Semanas 1 a 5

Bloque 2: Redes de Comunicaciones Ópticas

Carga de trabajo en créditos ECTS: 4.8

a. Contextualización y justificación

Este bloque analiza las redes de comunicaciones ópticas. El primer tema aborda las redes ópticas de acceso, mientras que los tres siguientes se centran en las redes ópticas de área amplia. Así, el tema 2 analiza las redes de acceso ópticas pasivas (PONs, *Passive Optical Networks*), describiéndose distintos estándares y mecanismos de control. A continuación, el tema 3 estudia las redes SDH, en las que la tecnología óptica se emplea fundamentalmente para la transmisión entre nodos adyacentes. El tema 4 se centra en las redes con encaminamiento por longitud de onda, en las que la longitud de onda se utiliza como parámetro para encaminar los datos a su destino. Finalmente, el tema 5 proporciona una introducción a otras alternativas (a medio o largo plazo) para el diseño de redes de transporte.

b. Objetivos de aprendizaje

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

- Describir los fundamentos de las redes de acceso ópticas pasivas (PON, *Passive Optical Network*).
- 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, así como políticas de gestión de recursos y calidad de servicio.
- Describir los fundamentos de las redes SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) y sus mecanismos de protección.
- Aplicar técnicas de diseño de redes SDH.
- Describir los fundamentos de las redes con encaminamiento por longitud de onda (WRON, *Wavelength-Routed Optical Networks*).
- Analizar las características de redes WRON en términos de recursos necesarios y tráfico soportado por la red.
- Aplicar técnicas de diseño de redes WRON, tanto manualmente como con ayuda de una herramienta software.
- Describir los fundamentos de las redes elásticas, la conmutación óptica de paquetes y de ráfagas.
- Implementar en software mecanismos básicos de dimensionamiento y/o control de redes de comunicaciones por fibra óptica.
- Escribir informes técnicos o tecnoeconómicos correctos tanto en la forma como en el fondo.

c. Contenidos

TEMA 2: Redes de Acceso Ópticas Pasivas PON (*Passive Optical Network*)

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Introducción a las redes de acceso PON
- 2.3 Estándares de redes de acceso PON
- 2.4 Protocolos de control de acceso al medio en redes PON
- 2.5 Algoritmos de gestión de recursos y calidad de servicios en redes PON
- 2.6 Otras arquitecturas de redes PON
- 2.7 Resumen

TEMA 3: Redes SDH

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Fundamentos
- 3.3 Infraestructuras de las redes SDH
- 3.4 Tolerancia a fallos en redes SDH
- 3.5 Resumen

TEMA 4: Redes de Conmutación Óptica de Circuitos

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Fundamentos de las redes con encaminamiento por longitud de onda.
- 4.3 Establecimiento estático de circuitos ópticos
- 4.4 Diseño de topologías virtuales
- 4.5 Establecimiento dinámico de circuitos ópticos
- 4.6 Tolerancia a fallos en redes de conmutación óptica de circuitos
- 4.7 El plano de control en redes ópticas.
- 4.8 Resumen

TEMA 5: Otras Arquitecturas de Redes Ópticas de Transporte

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Redes ópticas de paquetes
- 5.3 Redes ópticas de ráfagas
- 5.4 Redes ópticas elásticas
- 5.5 Resumen

PRÁCTICA(S): Diseño, dimensionado y control de redes de comunicaciones ópticas.

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

- 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.
- C.F. Lam, *Passive Optical Networks, Principles and Practice*, Editorial Elsevier, 2007.

g.2 Bibliografía complementaria

- B. Mukherjee. *Optical WDM Networks*. Springer, 2006.
- 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.
- I.P. Chochliouros, G. Heliotis, *Optical Access Networks and Advanced Photonics: Technologies and Deployment Strategies*, Editorial IGI GLOBAL, Hershey (New York), 2009.
- 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), ...)

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.
- Herramienta de dimensionado y planificación de redes.
- Entorno de simulación OMNeT++.



i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
4.8	Semanas 4 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 ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo individual ⁽²⁾	90-60
Clases prácticas de aula (A)	0	Estudio y trabajo autónomo grupal ⁽²⁾	0-30
Laboratorios (L)	20		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	10		
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
Presentación oral sobre el estado del arte en sistemas de comunicaciones ópticas	20%	En la evaluación de las prácticas de diseño, dimensionado y control 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.
Práctica(s) de diseño, dimensionado y control de redes de comunicaciones ópticas	50%	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.
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%	

Además, se realizará un examen opcional 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: $(\text{nota del examen} - 5) \times 0.2$.

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.

En el caso de la convocatoria **extraordinaria**:

- Se mantiene la calificación obtenida en los 2 primeros instrumentos de la tabla, realizándose un examen final escrito 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 la presentación oral y 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.)

8. Consideraciones finales

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