

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Asignatura	COMPLEMENTOS DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES GUIADAS		
Materia	COMPLEMENTOS DE TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES para graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Telemática		
Módulo			
Titulación	MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	544	Código	53805
Periodo de impartición	1 ^{er} CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OPTATIVA*
Nivel/Ciclo	MÁSTER	Curso	COMPLEMENTOS DE FORMACIÓN
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	M ^a Jesús González Morales Patricia Fernández Reguero Ignacio de Miguel Jiménez Ramón J. Durán Barroso		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5535 / ext. 5559 / ext. 5574 / ext. 5557 E-MAIL: gonmor@tel.uva.es / patfer@tel.uva.es / ignacio.miguel@tel.uva.es / rduran@tel.uva.es		
Horario de tutorías	Véase www.uva.es → Másteres → Ingeniería de Telecomunicación → Tutorías		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL, COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		

(*) Esta asignatura es optativa a nivel de título, pero es obligatoria para los alumnos que acceden al máster desde el Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Telemática.



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

A pesar del gran desarrollo experimentado por las tecnologías inalámbricas en los últimos años, la mayor parte del tráfico relacionado con los servicios de telecomunicación tiene como soporte los sistemas de transmisión guiados. En la asignatura “Complementos de Sistemas de Comunicaciones Guiadas” se estudian las características más relevantes de los sistemas de transmisión guiada y su aplicación en las redes y sistemas para la transmisión de la información.

1.2 Relación con otras materias

Los fundamentos de esta materia se habrán cursado en el grado en Tecnologías Específicas de Telecomunicación del que proceden los alumnos que realizarán la asignatura.

Existe una relación muy estrecha con la materia “Sistemas de Comunicaciones” en especial con la asignatura “Diseño y Simulación de Sistemas de Comunicaciones”.

1.3 Prerrequisitos

No existen requisitos previos de obligado cumplimiento para cursar la asignatura salvo la siguiente consideración.

2. Competencias

2.1 Generales

- Capacidad de razonamiento, análisis y síntesis.
- Capacidad de toma de decisiones en la resolución de problemas básicos de ingeniería de telecomunicación, así como identificación y formulación de los mismos.
- Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- 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

1. Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de las Telecomunicaciones y la Electrónica.
2. Capacidad para seleccionar circuitos y dispositivos electrónicos especializados para la transmisión, el encaminamiento o enrutamiento y los terminales, tanto en entornos fijos como móviles.
3. Capacidad para especificar y utilizar instrumentación electrónica y sistemas de medida.
4. Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.
5. Capacidad para la selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación.
6. 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:

- Construir y analizar el diagrama de dispersión de guías de onda básicas.
- Dibujar el esquema básico de distintos sistemas de comunicaciones guiados.
- Explicar los fundamentos de la transmisión por distintos sistemas de comunicaciones guiados.
- Enumerar y describir los problemas que sufre la señal al propagarse por diversos medios guiados y ser capaz de aplicar métodos para minimizar su impacto
- Extraer los parámetros eléctricos de una línea de transmisión a partir de la configuración física.
- Resolver problemas de adaptación utilizando la carta de Smith.
- Comprender las representaciones matriciales de los circuitos de microondas y relacionarlas con las representaciones de baja frecuencia.
- Describir los elementos fundamentales para implementar distintos sistemas de comunicaciones ópticas.
- Utilizar hojas de especificaciones de componentes para extraer los datos más relevantes y poder comparar entre diferentes alternativas.
- Evaluar las ventajas e inconvenientes de distintos medios de transmisión guiados para distintas aplicaciones.
- Diseñar sistemas de comunicaciones ópticas sencillos.
- Conocer y aplicar en un laboratorio tanto los conceptos como los procedimientos asociados a la medida en el rango de las microondas.
- Utilizar herramientas de simulación para estimar la calidad de un sistema de comunicaciones por fibra óptica.

En relación con estos objetivos, es importante destacar que, si bien se abordarán distintos sistemas de comunicaciones guiados, el énfasis estará en los sistemas de comunicaciones por fibra óptica.

4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: Ondas guiadas

Carga de trabajo en créditos ECTS: 3,0

a. Contextualización y justificación

Este bloque cubre el análisis electromagnético de estructuras de guiado simples. En primer lugar se abordan las guías de onda formadas por uno o más conductores. A partir de este análisis se obtiene una representación de las guías de onda en términos circuitales, dando lugar al modelo de parámetros distribuidos de las líneas de transmisión. A continuación se estudian las líneas de transmisión, dando especial énfasis al problema de adaptación de impedancias, que se realiza fundamentalmente mediante la carta de Smith. Por último se introducen las técnicas de representación matricial de circuitos de microondas y se presentan los circuitos pasivos más típicos. Este tema pretende representar e integrar los circuitos de microondas con las técnicas habituales de los circuitos eléctricos.

b. Objetivos de aprendizaje

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

- Analizar los sistemas de guiado de uno o varios conductores.
- Construir y analizar el diagrama de dispersión de guías de onda básicas.
- Relacionar el modelo circuitual para el análisis de líneas de transmisión con el modelo electromagnético riguroso.
- Comprender los conceptos fundamentales asociados a las líneas de transmisión.
- Conocer y manejar con destreza la carta de Smith.
- Resolver problemas de adaptación de impedancias basados en sintonizadores.
- Comprender las representaciones matriciales de los circuitos de microondas y relacionarlas con las representaciones de baja frecuencia.

c. Contenidos

Tema 1: Fundamentos electromagnéticos de los sistemas de transmisión guiada

Objetivo: Conocer los principios electromagnéticos básicos para entender la propagación guiada.

- 1.1 Ecuaciones de Maxwell en el dominio de la frecuencia
- 1.2 Condiciones de frontera en la interfaz entre dos medios
- 1.3 Ondas planas monocromáticas

Tema 2: Ecuaciones generales de los sistemas guiados

Objetivo: Conocer las ecuaciones y soluciones de los sistemas guiados. Asimilar los conceptos fundamentales asociados a la transmisión guiada.

- 2.1 Solución de las ecuaciones de onda para sistemas guiados: guía rectangular y placas plano-paralelas
- 2.2 Clasificación general de las soluciones para medios sin pérdidas: TE, TM y TEM
- 2.3 Soluciones modales para condiciones de conductor perfecto (PEC)
- 2.4 La constante de propagación e impedancia característica

2.5 El diagrama de dispersión: modos propagativos y evanescentes

2.6 Velocidades de fase y grupo

TEMA 3: Líneas de transmisión y adaptación de impedancias

Objetivo: Conocer los elementos esenciales de las líneas de transmisión. Manejar la carta de Smith en la solución de problemas de adaptación.

3.1 Circuitos equivalentes para modos TEM: el modelo de parámetros distribuido

3.2 Planteamiento y solución del problema: ondas incidente y reflejada

3.3 Condición de contorno en la carga: conceptos de impedancia y coeficiente de reflexión generalizados

3.4 Diagrama de onda estacionaria

3.5 Estudio de la transformación: origen de la carta de Smith

3.6 Descripción de la carta de Smith

3.7 Adaptación de impedancias mediante sintonizadores

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Práctica 1: Entrenador de guía de onda rectangular

Práctica 2: Analizador vectorial de redes. Medida de parámetros S en circuitos pasivos de microondas

d. Métodos docentes

Se empleará:

- Clase magistral participativa.
- Resolución de problemas.
- Clase de laboratorio interactiva.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación se hará mediante una prueba escrita (u *online*, en caso de ser necesario) al final del bloque 1 relativa a los contenidos de las clases teóricas, prácticas en el aula y prácticas de laboratorio.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- D. Cheng, *Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería*. Addison Wesley 1998.
- J. E. Page, *Propagación de Ondas Guiadas*. Servicio de publicaciones ETSIT, UPM, Madrid 1989.
- V. Ortega Castro, *Introducción a la Teoría de Microondas. Tomo I: Líneas de Transmisión y Guía ondas*. Servicio de Publicaciones ETSIT, UPM, Madrid 1987.



- J. Bará, *Circuitos de microondas con líneas de transmisión*. Edicions UPC, 2001.

g.2 Bibliografía complementaria

- D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 3rd ed. John Wiley-Sons, 1998.
- J. M. Miranda, J. L. Sebastián, M. Sierra y J. Margineda, *Ingeniería de Microondas. Técnicas experimentales*. Prentice Hall 2002.

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

h. Recursos necesarios

El profesor facilitará en el Campus Virtual de la UVa la siguiente información:

- Documentación de apoyo para seguir tanto las clases de teórico-prácticas (T/M), como las clases de prácticas en el aula (A)
- Material para comprender el laboratorio (L) y manejar el instrumental del mismo.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3.0 ECTS	Semanas 1 a 8

Bloque 2: Sistemas Guiados basados en Fibra Óptica

Carga de trabajo en créditos ECTS: 3,0

a. Contextualización y justificación

Dentro de los sistemas de comunicaciones guiadas, aquellos que utilizan la fibra óptica como soporte para la transmisión de la información son empleados habitualmente en enlaces troncales de longitud media a grande y de elevada capacidad. Las ventajas de la fibra óptica como medio de transmisión hacen de ésta una solución atractiva en otros ámbitos, como la red de acceso, especialmente a medida que la demanda de ancho de banda se incrementa progresivamente al tiempo que el coste de los distintos elementos empleados en la red disminuye. En este bloque temático se pretende dar una visión general de los sistemas de transmisión por fibra óptica, las características esenciales de los distintos elementos empleados en este tipo de sistemas y desarrollar las destrezas esenciales para el diseño y optimización de enlaces de fibra óptica.

b. Objetivos de aprendizaje

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

- Dibujar el esquema básico de un sistema de comunicaciones ópticas.
- Conocer las codificaciones de canal empleadas en comunicaciones ópticas.
- Enumerar diferentes tipos de fibras ópticas, describir las características de cada una y ser capaz de seleccionar la más adecuada en cada escenario.
- Explicar el significado físico de los modos de propagación que soporta una fibra óptica y determinarlos con ayuda de gráficas.
- 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.
- Conocer los principios de funcionamiento y las características básicas de los elementos transmisores y receptores de un sistema de comunicaciones ópticas.
- Enumerar, describir y seleccionar los componentes necesarios para construir sistemas de comunicaciones ópticas, y describir sus principios físicos.
- Utilizar hojas de especificaciones de componentes para extraer los datos más relevantes y poder comparar entre diferentes alternativas.
- Diseñar enlaces de fibra óptica punto a punto satisfaciendo unos requisitos de calidad especificados.
- Utilizar herramientas de simulación comerciales para estimar la calidad de un sistema de comunicaciones ópticas.

c. Contenidos**TEMA 4: Introducción a los Sistemas de Comunicaciones Guiadas**

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Alternativas para el establecimiento de sistemas de comunicaciones guiadas: cable coaxial, par trenzado y PLC.
- 4.3 Sistemas de Comunicaciones Ópticas (SCO): Descripción y clasificación
- 4.4 Aprovechamiento y ampliación de la capacidad de los SCO
- 4.5 Resumen

TEMA 5: Propagación de la Luz por la Fibra Óptica

- 5.1 Objetivos
- 5.2 La fibra óptica
- 5.3 Análisis de la fibra óptica mediante óptica geométrica
- 5.4 Análisis de la fibra óptica mediante óptica electromagnética
- 5.5 Resumen

TEMA 6: Propagación de Pulsos por la Fibra Óptica

- 6.1 Objetivos
- 6.2 Atenuación
- 6.3 Dispersión
- 6.4 Efectos no lineales
- 6.5 Resumen

TEMA 7: Componentes de los Sistemas de Comunicaciones Ópticas

- 7.1 Objetivos
- 7.2 Fibras ópticas
- 7.3 Conectores y empalmes
- 7.4 Cables de fibra óptica
- 7.5 Acopladores direccionales
- 7.6 Aisladores y circuladores
- 7.7 Multiplexores y filtros
- 7.8 Amplificadores ópticos
- 7.9 Láseres
- 7.10 LEDs
- 7.11 Moduladores
- 7.12 Fotodiodo PiN
- 7.13 Fotodiodo de avalancha o APD
- 7.14 Resumen

TEMA 8: Introducción al Diseño de Sistemas de Comunicaciones Ópticas

- 8.1 Objetivos
- 8.2 Balance de potencias en un SCO
- 8.3 Balance de tiempos en un SCO
- 8.4 Resumen

PRÁCTICA 3: Estudio de sistemas de comunicaciones ópticas mediante simulación

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Seminarios de profundización
- Aprendizaje colaborativo
- Laboratorio de simulación de sistemas de comunicaciones ópticas.

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
- Cuestionarios o informes del trabajo en el laboratorio realizados por grupos de alumnos
- Resolución de problemas por parte del alumno
- Prueba escrita (u *online* en caso de ser necesario) al final del cuatrimestre

g. Material docente

g.1 Bibliografía básica

- G. Keiser, *Optical Fiber Communications*, 3rd. ed., Mc-Graw Hill, 2000.
- J. M. Senior, *Optical Fiber Communications: Principles and Practice*, 3rd. ed. Prentice-Hall, 2008.
- J. Capmany, F. J. Fraile-Peláez, J. Martí, *Fundamentos de Comunicaciones Ópticas*, Ed. Síntesis, 1998.

g.2 Bibliografía complementaria

- G. P. Agrawal, *Fiber Optic Communication Systems*, 3rd. ed., John Wiley & Sons, 2002.
- R. Ramaswami, K.N. Sivarajan, *Optical Networks: A Practical Perspective*, Second Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2001
- B. E. A. Saleh, M. C. Teich, *Fundamentals of Photonics (Second Edition)*, Wiley-Interscience, 2007.
- J. Hecht, *Understanding Fiber Optics*, Prentice-Hall, 2002.
- G. P. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics. Third Edition*, Academic Press, 2001.
- D. Derickson, *Fiber Optic Test and Measurement*, Prentice Hall PTR, 1998.

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

- Videotutorial del Tema 8 (Introducción al Diseño de Sistemas de Comunicaciones Ópticas).

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 sistemas de comunicaciones ópticas OptSim.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3.0 ECTS	Semanas 8 a 15

5. Métodos docentes y principios metodológicos

Se empleará:

- Clase magistral participativa.
- Resolución de problemas.
- Seminarios de profundización
- Aprendizaje colaborativo
- Clase de laboratorio interactiva.
- Laboratorio de simulación de sistemas de comunicaciones ópticas.



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⁾	90-75
Clases prácticas de aula (A)	10	Estudio y trabajo autónomo grupal ⁽²⁾	0-15
Laboratorios (L)	12		
Prácticas externas, clínicas o de campo			
Seminarios (S)	8		
Tutorías grupales (TG)			
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)			
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
Bloque 1	Examen escrito (u <i>online</i> en caso de ser necesario) sobre el bloque 1	50%	Al finalizar el bloque 1 de la asignatura, se realizará el examen del bloque 1 correspondiente a la convocatoria ordinaria . Los alumnos que obtengan una calificación igual o superior a 5 sobre 10 habrán superado el bloque 1 en la convocatoria ordinaria. Los alumnos que no superen el examen se tendrán que examinar en la convocatoria extraordinaria. La fecha del examen se acordará con los alumnos con antelación suficiente.
Bloque 2	2.A Resolución de cuestionarios y/o realización de informes sobre las prácticas de laboratorio	12.5%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura realizar las prácticas de laboratorio, y alcanzar una calificación igual o superior a 5 sobre 10 en este apartado.
	2.B Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas en aula física y/o virtual	2.5%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10 en el examen.
	2.C Resolución de cuestiones/problemas a lo largo de la asignatura	5%	Por último, se requiere una calificación igual o superior a 5 sobre 10 al combinar la puntuación de estos tres apartados.
	2.D Examen final escrito (u <i>online</i> en caso de ser necesario) sobre el bloque 2	30%	

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- 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 instrumentos 2.A, 2.B y 2.C de la tabla, realizándose un examen final escrito (u *online* en caso de ser necesario) que supondrá el resto de la nota de acuerdo a los porcentajes indicados en la tabla.
 - Si la calificación de uno de los bloques de la asignatura tras el examen final de la convocatoria ordinaria es igual o superior al mínimo exigido del bloque, el alumno no tendrá que examinarse del mismo en el examen final extraordinario y se considerará la nota obtenida en dicho bloque en la convocatoria ordinaria como la nota del bloque en el examen extraordinario.
 - Las condiciones para superar la asignatura son las mismas que en la convocatoria ordinaria. Debe notarse por tanto la necesidad de superar la parte relacionada con el laboratorio del segundo bloque en la convocatoria ordinaria.
- En caso de acceder a la **convocatoria extraordinaria fin de carrera**, la evaluación se realizará mediante un único examen escrito (u *online* en caso de ser necesario), 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.