



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Infraestruturas ópticas de telecomunicación

Materia	Infraestruturas ópticas de telecomunicación			
Código	V05G306V01325			
Titulación	Grao en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación (docencia en inglés)			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	6	OP	3	2c
Lingua de impartición	Castelán			
Departamento	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinador/a	Fraile Peláez, Francisco Javier			
Profesorado	Fraile Peláez, Francisco Javier			
Correo-e	fj_fraile@com.uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
Descrición xeral	Explicanse, en primeiro lugar, os fundamentos físicos da tecnoloxía de fibra óptica: electromagnetismo en medios dieléctricos dispersivos e/ou non lineais, teoría da recepción óptica e ruído, e teoría das fontes e moduladores ópticos. A continuación, descríbense os distintos sistemas de transmisión por fibra punto a punto e de redes ópticas, e introdúcense os fundamentos técnicos de análises e deseño dos mesmos.			

## Resultados de Formación e Aprendizaxe

Código			
B3	CG3 Coñecemento de materias básicas e tecnoloxías que capaciten o alumnado para a aprendizaxe de novos métodos e tecnoloxías, así como para dotalo dunha gran versatilidade para adaptarse a novas situacións.		
B5	CG5 Coñecementos para a realización de medicións, cálculos, valoracións, taxacións, peritaxes, estudos, informes, planificación de tarefas e outros traballos análogos no seu ámbito específico da telecomunicación.		
C21	CE21/ST1 Capacidade para construír, explotar e xestionar as redes, servizos, procesos e aplicacións de telecomunicacións, entendidas estas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamento, xestión e presentación de información multimedia, desde o punto de vista dos sistemas de transmisión.		
C25	CE25/ST5 Capacidade para a selección de antenas, equipos e sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas e non guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia ou ópticos e a correspondente xestión do espazo radioeléctrico e asignación de frecuencias.		
D3	CT3 Tomar conciencia da necesidade dunha formación e mellora continua de calidade, amosando unha actitude flexible, aberta e ética ante opinión discriminación por sexo, raza ou relixión, respecto os dereitos fundamentais, acesibilidade, etc.		

## Resultados previstos na materia

Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe	
1. Comprender a orixe e razón de ser dos sistemas de transmisión ópticos.	B3 B5	D3
Adquisición dos coñecementos necesarios para expresarse na lingua obxecto de estudo.		
2. Aprender os fundamentos físicos da transmisión e do procesado óptico, en particular os que máis se afastan das técnicas máis clásicas, como son os conceptos de xeración e detección fotónica.	B3 B5	D3
3. Coñecer a teoría básica dos dispositivos e subsistemas ópticos como fontes LED e láser, fotodetectores, moduladores, amplificadores de fibra, e filtros ópticos.	B3 B5	D3

4. Especificar as fibras ópticas e outros compoñentes optoelectrónicos necesarios para un enlace, coñecendo e comprendendo as súas limitacións tanto por motivos puramente físicos como tecnolóxicos.	C25	D3
5. Desenvolver modelos de enlaces troncaís de fibra óptica e avaliar o impacto nas prestacións dos mesmos dos diferentes subsistemas e formatos de transmisión.	C25	D3
6. Coñecer os fundamentos, topoloxías e tecnoloxías de conmutación das redes ópticas, así como das actuais propostas de FTTH.	C21	

## Contidos

Tema	
1. Introducción ás comunicacións ópticas	1.1. Razóns para a transmisión óptica 1.2. Transmisión dixital en fibras multimodo
2. Electromagnetismo en dieléctricos	2.1. Ecuacións de Maxwell en dieléctricos 2.1. Ecuacións de onda en dieléctricos 2.3. Índice de refracción e perdas 2.4. Dispersión
3. Propagación monocromática en guías planas	3.1. Solución da ecuación de onda en guías planas 3.2. Modos guiados TE e TM 3.3. Potencia modal 3.4. Parámetros normalizados
4. Propagación monocromática en fibras de salto de índice	4.1. Solución da ecuación de onda en fibras de salto de índice 4.2. Modos guiados 4.3. Potencia modal 4.4. Fibras de guiado débil 4.5. Perdas; xanelas de transmisión
5. Propagación de pulsos en fibras ópticas monomodo	5.1. Distorsión de pulsos en fibras ópticas 5.2. Propagación de pulsos gaussianos en fibras monomodo 5.3. Propagación de sinais analóxicas en fibras monomodo 5.4. Minimización da dispersión en fibras monomodo
6. Detección da radiación luminosa	6.1. Detección de luz en semicondutores 6.2. Fotodiodos p-i-n e APD 6.3. Ruído fotónico 6.4. Eficiencia cuántica, resposta e potencia equivalente de ruído
7. Fontes e amplificadores ópticos	7.1. Conceptos básicos de emisión fotónica 7.2. Diodos emisores de luz espontánea (LEDs) 7.3. Láseres de semiconductor (LDs) 7.4. Modulación externa do láser 7.5. Amplificadores ópticos de fibra dopada e semiconductor
8. Enlaces ópticos dixitais	8.1. Conceptos básicos de transmisión dixital por fibra óptica 8.2. Modelo simplificado de receptor dixital. Límite cuántico 8.3. Amplificadores ópticos 8.4. Efectos no lineais 8.5. Penalizacións
9. Sistemas coherentes	9.1. Receptores ópticos homodinos e heterodinos 9.2. Modulacións coherentes 9.3. Sistemas I-Q
10. Introducción á WDM e as redes ópticas	11.1. Panorámica 11.2. Sistemas WDM 11.3. Redes de fibra óptica 11.4. Topoloxías básicas de rede 11.5. FTTH
Práctica 1. Medida da apertura numérica dunha fibra multimodo	Cálculo da apertura numérica dunha fibra multimodo
Práctica 2. Modulador acustoóptico	Montaxe dun enlace analóxico con modulación acustoóptica dun láser de He-Ne
Práctica 3. Amplificador óptico	Caracterización dun amplificador óptico de fibra dopada con erbio
Práctica 4. Dispersión.	Caracterización da dispersión cromática e intermodal dun enlace de fibra gradual.
Práctica 5. Enlace dixital con fibra de índice gradual	Caracterización de fontes LED e láser FP, e atenuación e ruído, nunha enlace dixital con fibra de índice gradual
Práctica 6. Sistemas WDM	Caracterización de sistemas WDM traballando a 1310/1550nm

## Planificación

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Actividades introdutorias	1	0	1
Lección maxistral	18	27	45

Resolución de problemas	0	12	12
Prácticas de laboratorio	12	9	21
Aprendizaxe baseado en proxectos	6	39	45
Presentación	1	3	4
Resolución de problemas e/ou exercicios	2	8	10
Exame de preguntas de desenvolvemento	2	10	12

\*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

### Metodoloxía docente

	Descrición
Actividades introdutorias	Presentación da materia: programa, bibliografía, metodoloxía docente e sistema de avaliación
Lección maxistral	Exposición por parte do profesor dos contidos principais de cada tema. Na clase maxistral non se comentan todos os contidos que son materia de exame. O alumno debe tomar como referencia dos contidos de exame os apartados do libro/apuntes proporcionados polo profesor que se indican no documento/guía de cada tema. Traballo persoal e/ou en grupo posterior do alumno repasando os conceptos vistos na aula e ampliando os contidos tomando como referencia a guía de cada tema.  Con esta metodoloxía trabállanse as competencias CG3, CG5, CE21 e CE25.
Resolución de problemas	Proporanse problemas e/ou exercicios relacionados cos contidos expostos na clase maxistral e os referenciados na guía de cada tema. É unha actividade individual.  Con esta metodoloxía trabállanse as competencias CG3, CG5 e CE21.
Prácticas de laboratorio	Estudo experimental de diversos dispositivos ópticos e de sistemas de comunicacións ópticas. Traballo persoal previo do alumno na preparación das prácticas. Para iso utilizará a documentación proporcionada previamente polo profesor, así como repasar os conceptos teóricos relacionados. Ao comezo de cada sesión o profesor poderá solicitar ao alumno un pequeno resumo dos conceptos principais relacionados coa práctica a realizar. Identificación de dúbidas que se resolverán en tutorías personalizadas. (véxase prácticas 1-6 en contidos da materia). A realización das prácticas de laboratorio é unha actividade grupal.  Con esta metodoloxía trabállanse as competencias CG3, CG5 e CE25.
Aprendizaxe baseado en proxectos	O alumno realizará varios pequenos proxectos en grupo nun tempo determinado no que resolverá un problema proposto polo profesor mediante a planificación, deseño e realización dunha serie de actividades. É unha actividade grupal.  Con esta metodoloxía trabállanse as competencias CG3, CG5, CE21, CE25 e CT3.
Presentación	Exposición por parte do alumnado ante o profesor e un grupo de estudantes dos resultados dos proxectos realizados. É unha actividade grupal.  Con esta metodoloxía trabállase a competencia CG5.

### Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Lección maxistral	Os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías personalizadas no despacho do profesor no horario que os profesores establezan para ese efecto a principio de curso e que se publicará na páxina web da materia.
Prácticas de laboratorio	Os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías personalizadas no despacho do profesor no horario que os profesores establezan para ese efecto a principio de curso e que se publicará na páxina web da materia.
Aprendizaxe baseado en proxectos	Os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías personalizadas no despacho do profesor no horario que os profesores establezan para ese efecto a principio de curso e que se publicará na páxina web da materia.
Probas	Descrición
Exame de preguntas de desenvolvemento	O profesor do grupo A proporcionará apoio ós estudantes para resolver calquera dúbida relacionada cos exames e tests.

### Avaliación

	Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe
Aprendizaxe baseado en proxectos	Os alumnos deberán entregar unha memoria de cada un dos proxectos realizados, así como efectuar unha exposición dos mesmos no tempo e condicións establecidas polo profesor.	25	B3 C21 D3 B5 C25

Resolución de problemas e/ou exercicios	Antes de comezar as prácticas de laboratorio, o alumno realizará unha proba puntuable (7%) sobre os contidos dos enunciados de prácticas. Así mesmo, ao finalizar as prácticas, o alumno realizará unha proba puntuable (23%) sobre os coñecementos adquiridos nestas sesións.	30	B5	C21 C25
Exame de preguntas de desenvolvemento	Proba final na que se avaliarán todos os contidos da materia.	45	B3 B5	C21 C25

### **Outros comentarios sobre a Avaliación**

Ofreceráse aos alumnos que cursen esta materia dous sistemas de avaliación: avaliación continua e avaliación única ao final do cuadrimestre.

Por defecto, considerarase que o alumno decide ir por avaliación continua. En caso de preferir optar por avaliación única, o alumno debe comunicar por escrito esta decisión o profesor na terceira semana de clase. Unha demora superior a tres semanas pode dar lugar a que o estudante se considere non presentado.

Avaliación continua:

A avaliación continua comprende unha serie de probas de avaliación intermedia que se realizan ao longo do cuadrimestre (55%) e unha proba de resposta longa (45%) que se realiza o día que corresponda de acordo co calendario de exames oficial. Estas probas de avaliación intermedia comprenden a realización de dúas probas de resposta curta relacionadas coas prácticas de laboratorio (30%), e a realización de varios proxectos (25%). Os proxectos serán realizados en grupos de estudantes e a nota de cada estudante nesta tarefa será a nota do grupo. A planificación das distintas probas de avaliación intermedia aprobarase nunha Comisión Académica de Grao (CAG) e estará dispoñible ao principio do cuatrimestre. As probas de avaliación intermedia non son recuperables, é dicir, se un alumno non pode cumprilas no prazo estipulado o profesor non ten a obriga de repetilas e unicamente serán válidas para o curso académico no que se realicen.

Así mesmo, aqueles alumnos que decidan optar por avaliación continua deberán, para poder superar a materia: (a) realizar polo menos 5 das 6 prácticas de laboratorio hardware; (b) obter, polo menos, 10 puntos sobre 25 nos proxectos; (c) obter, polo menos, 18 puntos sobre 45 na proba de resposta longa; e (d) obter un mínimo de 50 puntos en total contando todas as actividades do curso. A nota final daqueles alumnos que non superan estes mínimos esixidos para poder aprobar a materia mediante avaliación continua calcularase como o mínimo entre: (i) o número total de puntos obtido polo alumno contando todas as actividades do curso, e (ii) 40 puntos.

A elección de avaliación continua implica necesariamente que o alumno se presentou, con independencia de que asista ou non á proba de resposta longa.

Avaliación única:

Ademais do sistema de avaliación continua descrito anteriormente, o alumno pode optar por realizar un único exame final sobre a totalidade dos contidos da materia (100%). O profesor poderalle esixir ao alumno a entrega de tarefas adicionais, as cales lle serán notificadas na cuarta semana do curso e deberán ser entregadas o día do exame final. Para poder aprobar a materia o alumno deberá obter, polo menos, 50 puntos sobre 100 contando o exame final e as tarefas adicionais.

Avaliación en oportunidade extraordinaria:

Aqueles estudantes que optaron por un sistema de avaliación continua e cumpren os requisitos (a) e (b) mencionados arriba poderán, se así o desexan, conservar a nota obtida nas tarefas de avaliación continua (55%) e realizar unha proba de resposta longa (45%). Para poder superar a materia, estes alumnos deberán obter, polo menos, 18 puntos sobre 45 na proba de resposta longa, e obter un mínimo de 50 puntos en total contando todas as actividades do curso.

Alternativamente, estes alumnos poderán tamén optar por realizar un único exame final sobre a totalidade dos contidos da materia (100%). En caso de querer ser avaliado mediante un exame final, estes alumnos deberán comunicar esta decisión ao profesor por escrito cunha antelación mínima dun mes respecto da data programada para a realización do exame final. En caso contrario, considerarase que o alumno opta por unha proba de resposta longa.

O resto de alumnos (isto é, aqueles que optaron por un sistema de avaliación continua e non cumpren os requisitos (a) e (b), e aqueles estudantes que optaron por realizar avaliación única) serán avaliados mediante un único exame final sobre a totalidade dos contidos da materia (100%).

No caso de realizar un único exame final, o profesor poderalle esixir así mesmo ao alumno a entrega de tarefas adicionais, as cales lle serán notificadas con, polo menos, un mes de antelación respecto da data de celebración do exame final e deberán ser entregadas o día de celebración do mesmo. Para poder aprobar a materia o alumno deberá obter, polo menos, 50 puntos sobre 100 contando o exame final e as tarefas adicionais.

Convocatoria de fin de carreira:

Segue as mesmas normas que a avaliación en examen extraordinario.

Código ético:

En caso de detección de plaxio en calquera das probas (probas curtas, probas parciais ou exame final), a calificación final será de "suspenso (0)" e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

---

### **Bibliografía. Fontes de información**

#### **Bibliografía Básica**

J. Capmany, F. J. Fraile Peláez y J. Martí, **Fundamentos de Comunicaciones Ópticas**, 2ª Edición, Síntesis, 2001

J. Capmany, F. J. Fraile Peláez y J. Martí, **Dispositivos de Comunicaciones Ópticas**, 1ª Edición, Síntesis, 1999

#### **Bibliografía Complementaria**

G. P. Agrawal, **Fiber-Optic Communication Systems**, 4ª Edición, Wiley-Interscience, 2010

G. Keiser, **Optical Fiber Communications**, 5ª Edición, McGraw-Hill, 2014

---

### **Recomendacións**

---