



DATOS IDENTIFICATIVOS

Infraestruturas ópticas de telecomunicación

Materia	Infraestruturas ópticas de telecomunicación			
Código	V05G300V01614			
Titulación	Grao en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	6	OP	3	2c
Lingua de impartición	Castelán Inglés			
Departamento	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinador/a	Curty Alonso, Marcos			
Profesorado	Curty Alonso, Marcos Fraile Peláez, Francisco Javier			
Correo-e	mcurty@com.uvigo.es			
Web	http://fatic.uvigo.es			
Descrición xeral	Explícanse, 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.			

Competencias de titulación

Código	
A3	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.
A5	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.
A30	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.
A34	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.

Competencias de materia

Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe
1. Comprender a orixe e razón de ser dos sistemas de transmisión ópticos.	A3
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.	A3
3. Coñecer a teoría básica dos dispositivos e subsistemas ópticos como fontes LED e láser, fotodetectores, moduladores, amplificadores de fibra, e filtros ópticos.	A3 A5
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.	A3 A5 A34
5. Desenvolver modelos de enlaces troncaís de fibra óptica e avaliar o impacto nas prestacións dos mesmos dos diferentes subsistemas e formatos de transmisión.	A3 A5 A34
6. Coñecer os fundamentos, topoloxías e tecnoloxías de conmutación das redes ópticas, así como das actuais propostas de FTTH	A3 A30

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. Sistemas dixitais de modulación de intensidade	8.1. Conceptos básicos de transmisión dixital por fibra 8.2. Modelo simplificado de receptor dixital 8.3. Límite fotónico ou cuántico 8.4. Modelo complexo: Interferencia e Ecuación 8.5. Penalizacións adicionais de ruído
9. Sistemas analóxicos de modulación de intensidade	9.1. Características da transmisión analóxica, sistemas SCM 9.2. Relación sinal-ruído 9.3. Distorsión 9.4. Planificación de frecuencias 9.5. Consideracións de deseño
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. Fusionador óptico.	Fusionar fibra multimodo de salto de índice.
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. Características espectrais de fontes ópticas e observación do chirp	Caracterización de varias fontes ópticas cun analizador de espectros óptico e observación do chirp
Práctica 7. 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
Sesión maxistral	18	27	45
Resolución de problemas e/ou exercicios	0	12	12
Prácticas de laboratorio	12	9	21
Proxectos	6	39	45
Presentacións/exposicións	1	3	4
Probas de resposta curta	2	8	10

*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
Sesión 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.
Resolución de problemas e/ou exercicios	Proporanse problemas e/ou exercicios relacionados cos contidos expostos na clase maxistral e os referenciados na guía de cada tema. Os alumnos resollen os problemas e/ou exercicios en grupos e deben entregar as súas solucións ao profesor no prazo establecido.
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 repasará 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 1-7 en contidos da materia)
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.
Presentacións/exposicións	Exposición por parte do alumnado ante o profesor e un grupo de estudantes dos resultados dos proxectos realizados.

Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Sesión 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. Nestas tutorías, resolveranse as dúbidas que lle xurdan aos estudantes sobre: 1. Os contidos impartidos nas sesións maxistrais e/ou incluídos na guía de cada tema, e orientaráselles como abordar o seu estudo. 2. O desenvolvemento das prácticas de laboratorio incluídas na materia. 3. Os problemas e/ou exercicios propostos así como doutros problemas e/ou exercicios que poidan aparecer ao longo do estudo da materia. 4. Os contidos e desenvolvemento dos diferentes proxectos.
Resolución de problemas e/ou exercicios	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. Nestas tutorías, resolveranse as dúbidas que lle xurdan aos estudantes sobre: 1. Os contidos impartidos nas sesións maxistrais e/ou incluídos na guía de cada tema, e orientaráselles como abordar o seu estudo. 2. O desenvolvemento das prácticas de laboratorio incluídas na materia. 3. Os problemas e/ou exercicios propostos así como doutros problemas e/ou exercicios que poidan aparecer ao longo do estudo da materia. 4. Os contidos e desenvolvemento dos diferentes proxectos.
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. Nestas tutorías, resolveranse as dúbidas que lle xurdan aos estudantes sobre: 1. Os contidos impartidos nas sesións maxistrais e/ou incluídos na guía de cada tema, e orientaráselles como abordar o seu estudo. 2. O desenvolvemento das prácticas de laboratorio incluídas na materia. 3. Os problemas e/ou exercicios propostos así como doutros problemas e/ou exercicios que poidan aparecer ao longo do estudo da materia. 4. Os contidos e desenvolvemento dos diferentes proxectos.
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. Nestas tutorías, resolveranse as dúbidas que lle xurdan aos estudantes sobre: 1. Os contidos impartidos nas sesións maxistrais e/ou incluídos na guía de cada tema, e orientaráselles como abordar o seu estudo. 2. O desenvolvemento das prácticas de laboratorio incluídas na materia. 3. Os problemas e/ou exercicios propostos así como doutros problemas e/ou exercicios que poidan aparecer ao longo do estudo da materia. 4. Os contidos e desenvolvemento dos diferentes proxectos.

Avaliación

Descrición	Cualificación
------------	---------------

Resolución de problemas e/ou exercicios	O alumno deberá solucionar, aplicando os coñecementos adquiridos, unha serie de problemas e/ou exercicios propostos polo profesor no tempo e condicións establecidas por este.	8
	Con esta metodoloxía se avalian basicamente todas as competencias específicas da materia	
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
	Con esta metodoloxía se avalian basicamente as competencias A3, A5 e A34	
Probos de resposta curta	Antes de comezar as prácticas de laboratorio, o alumno realizará unha proba puntuable (8%) sobre os contidos dos enunciados de prácticas. Así mesmo, ao finalizar as prácticas, o alumno realizará unha proba puntuable (20%) sobre os coñecementos adquiridos nestas sesións.	27
	Con esta metodoloxía se avalian basicamente as competencias A3 e A5	
Probos de resposta longa, de desenvolvemento	Proba final na que se avaliarán todos os contidos da materia.	40
	Con esta metodoloxía se avalian basicamente todas as competencias específicas da materia	

Outros comentarios sobre a Avaliación

Seguindo as directrices propias da titulación ofrecerase aos alumnos que cursen esta materia dous sistemas de avaliación: avaliación continua e avaliación ao final do cuadrimestre.

Na terceira semana de clase o alumno debe decidir se opta por avaliación continua ou non.

Avaliación continua:

A avaliación continua comprende unha serie de tarefas que se realizan ao longo do cuadrimestre (60%) e unha proba de resposta longa (40%) que se realiza o día que corresponda de acordo co calendario de exames oficial. Estas tarefas comprenden a resolución de problemas e/ou exercicios (8%), a realización de dúas probas de resposta curta relacionadas coas prácticas de laboratorio (27%), e a realización de varios proxectos (25%). Enviaranse dous boletíns de exercicios (a sexta e a novena semana do curso) que os alumnos deben resolver en grupos e entregar ao profesor, respectivamente, as semanas nove e doce do curso. As dúas probas de resposta curta sobre as prácticas de laboratorio efectuaranse, respectivamente, as semanas oito e dezaseis do curso. Os proxectos presentaranse, respectivamente, as semanas doce, catorce e dezaseis do curso. Todas estas tarefas non son recuperables, é dicir, se un alumno non pode cumprilas no prazo estipulado o profesor non ten a obrigaón 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 6 das 7 prácticas de laboratorio hardware; (b) obter, polo menos, 10 puntos sobre 25 nos proxectos; (c) obter, polo menos, 16 puntos sobre 40 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 ao final do cuadrimestre:

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 sétima 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 no mes de Xullo:

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 (60%) e realizar unha proba de resposta longa (40%). Para poder superar a materia, estes alumnos deberán obter, polo menos, 16 puntos sobre 40 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 cunha antelación mínima dun mes respecto da data programada para a realización do exame final. En caso contrario, considerárase 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 un único exame final) 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.

Bibliografía. Fontes de información

Non existe ningún libro de texto axustado aos contenidos desta materia. A bibliografía que se cita a continuación é soamente recomendada; únicamente o conxunto de apúntes e outros documentos repartidos en clase constitúen a guía exacta dos contidos da materia.

Bibliografía adicional:

1. J. Capmany, F. J. Fraile Peláez y J. Martí, Fundamentos de Comunicaciones Ópticas. Ed. Síntesis, Madrid (2001), 2ª Edición. (A Fe de Erratas -parcial- da Edición pode encontrarse en <http://www.com.uvigo.es/~jfraile/erratas.pdf>)
2. G. P. Agrawal, Fiber-Optic Communication Systems. Wiley-Interscience (2002), 3ª Edición.
3. J. Capmany, F. J. Fraile Peláez y J. Martí, Dispositivos de Comunicaciones Ópticas. Ed. Síntesis, Madrid (1999).
4. G. Keiser, Optical Fiber Communications. McGraw-Hill (1991), 2ª Edición.

Recomendacións

Materias que se recomenda ter cursado previamente

Matemáticas: Probabilidade e estatística/V05G300V01204

Transmisión electromagnética/V05G300V01303
