Guia docent
300030 - CO - Comunicacions Òptiques

Última modificació: 11/05/2026

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels
Unitat que imparteix: 739 - TSC - Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA DE SISTEMES DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2026 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Català, Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: Definit a la infoweb de l'assignatura.

Altres: Definit a la infoweb de l'assignatura.

CAPACITATS PRÈVIES

· Coneixements sobre teoria electromagnètica, ones guiades i processat del senyal.

REQUISITS

Corequisit:
- ONES ELECTROMAGNÈTIQUES EN ELS SISTEMES DE COMUNICACIÓ

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
1. CE 25 SIS. 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. (CIN/352/2009, BOE 20.2.2009)

Genèriques:
7. ÚS EFICIENT D'EQUIPS I INSTRUMENTACIÓ - Nivell 1: Utilitzar correctament instrumental, equips i programari dels laboratoris d'ús general o bàsics. Realitzar els experiments i pràctiques proposats i analitzar els resultats obtinguts.

Transversals:
2. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 1: Dur a terme les tasques encomanades en el temps previst, tot treballant amb les fonts d'informació indicades, d'acord amb les pautes marcades pel professorat.
3. COMUNICACIÓ EFICAÇ ORAL I ESCRITA - Nivell 1: Planificar la comunicació oral, respondre de manera adequada les qüestions formulades i redactar textos de nivell bàsic amb correcció ortogràfica i gramatical.
4. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, que serà preferentment l'anglès, amb un nivell adequat de forma oral i per escrit i amb consonància amb les necessitats que tindran les titulades i els titulats en cada ensenyament.
5. TREBALL EN EQUIP - Nivell 1: Participar en el treball en equip i col·laborar-hi, un cop identificats els objectius i les responsabilitats col·lectives i individuals, i decidir conjuntament l'estratègia que s'ha de seguir.
6. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 1: Identificar les pròpies necessitats d'informació i utilitzar les col·leccions, els espais i els serveis disponibles per dissenyar i executar cerques simples adequades a l'àmbit temàtic.

METODOLOGIES DOCENTS

La metodologia docent que s'utilitzarà a les classes teòriques es basa en classes magistrals. A més, les classes magistrals, seran complementades a través activitats que requereixen major participació dels alumnes; aquesta es fomentarà mitjançant activitats de discussió entre professors i alumnes sobre els temes tractats (per exemple mitjançant l'avaluació de continguts d'articles d'investigació relacionats amb els temes tractats). Les classes magistrals es complementaran amb uns treballs addicionals, que els estudiants hauran de dur a terme, relacionats amb els continguts de l'assignatura.

Les classes de laboratori es duran a terme mitjançant el programari de simulació de sistemes òptics VPI Photonics. En els ordinadors de la sala de laboratori s'instal·laran el programari necessari per dur a terme les sessions de laboratori. S'organitzaran grups de treball de 2 alumnes, fomentant d'aquesta manera el treball en grup, contribuint al desenvolupament de competències transversals. Posteriorment a la realització de la sessió de laboratori, cada grup haurà d'elaborar i entregar una memòria amb un resum de l'activitat realitzada, dels paràmetres investigats i les conclusions en termes de prestacions dels sistemes estudiats.

Les sessions d'activitats dirigides consistiran en tallers on els professors ajudaran els estudiants a resoldre tots els dubtes que puguin sorgir en l'elaboració dels treballs assignats dins del marc de l'aprenentatge autònom.

El material de classe que es lliurarà als estudiants (transparències, articles, enunciats dels treballs adicionals, enunciat de les pràctiques de laboratori, etc.) serà en anglès.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu general de l'assignatura de Comunicacions Òptiques és entendre els diferents elements dels sistemes de comunicacions per fibra òptica. En primer lloc conèixer les característiques bàsiques de les fonts òptiques i transmissors òptics, de les fibres òptiques, dels fotodetectors i receptors òptics. En segon lloc, l'estudiant/a, en finalitzar el curs, ha de ser capaç de dissenyar un enllaç òptic considerant els diferents efectes que actuen sobre el senyal transmès (atenuació, dispersió, efectes no lineals, etc.). En tercer lloc, els alumnes han de ser capaços d'identificar les limitacions de les actuals infraestructures de les xarxes públiques de telecomunicació i conèixer els dispositius/subsistemes de les xarxes de transport òptic de nova generació basades en la tecnologia WDM.
En acabar l'assignatura de Comunicacions Òptiques, l'estudiant/a ha de ser capaç de:

· Conèixer els principis de funcionament de les fonts òptiques; conèixer les característiques bàsiques/paràmetres de les fonts òptiques.
· Conèixer els principis de propagació dels senyals en una fibra òptica.
· Comprendre el compromís atenuació/dispersió en un enllaç de fibra òptica; obtenir la màxima distància a la qual es pot transmetre a una certa velocitat. Conèixer els efectes no lineals de la propagació.
· Conèixer els requeriments bàsics per als fotodetectors a usar en sistemes de transmissió basat en fibres òptiques i el principi de funcionament de la detecció òptica.
· Conèixer el concepte de soroll en la detecció òptica i enumerar els diferents tipus de soroll en una transmissió òptica.
· Calcular la OSNR per als diferents sistemes de detecció òptica.
· Conèixer el concepte de probabilitat d'error en un sistema de transmissió per fibra òptica i calcular la probabilitat d'error BER en diferents configuracions dels receptors òptics.
· Conèixer el concepte d'amplificació, tipus d'amplificadors i soroll en amplificació òptica.
· Conèixer els formats de modulació usats en la trasmissió per fibra.
· Conèixer els diferents dispositius que formen part d'una xarxa òptica amb tecnologia WDM (transmissors, receptors, components passius, multiplexadors-demultiplexadors, commutadors, filtres, acobladors, polaritzadors, etc.).
· Dissenyar un enllaç de fibra tenint en compte els efectes de la propagació.
· Conèixer els fonaments de les xarxes de transport basats en la commutació de longitud d'ona.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	26,5	17.67
Hores aprenentatge autònom	84,0	56.00
Hores grup gran	39,5	26.33

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Transmissors òptics

Descripció:
L'objectiu general d'aquest contingut és l'estudi de fonts òptiques basades en semiconductors, és a dir, els transmissors LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Per a una millor comprensió de la generació de la senyal/potència òptica s'introdueixen unes breus nocions de la interacció entre les ones electromagnètiques a freqüències òptiques (llum) i matèria. Finalment, es descriuen els principis de funcionament de les fonts, les seves característiques potència òptica-corrent i es descriu el comportament tant estàtic com dinàmic del dispositiu LASER .
Concretament, s'estudiará:
· Principi de funcionament dels làser, guany i tipus de làser.
· Estructura d'un làser semiconductor Fabry-Perot (FP), Condicions d'oscil·lació, Modes d'emissió i Característiques espectrals.
· Equacions de ritme, Característica llum-corrent, Potència òptica emesa, Relació de Supressió de mode (MSR).
· Estructures avançades de làser monomode (DFB, DBR, cavitats acoblades), làser sintonitzable.
· Formats de modulació, Moduladors òptics (MZI).

Activitats vinculades:
Laboratori d'anàlisi i caracterització dels transmissors òptics.
Solució de problemes de transmissors òptics.
Taller d'activitats dels transmissors òptics.

Dedicació: 33h
Grup gran/Teoria: 8h
Grup mitjà/Pràctiques: 3h
Grup petit/Laboratori: 2h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 18h

Fibres Òptiques

Descripció:
L'objectiu d'aquest tema és descriure les característiques principals de les fibres òptiques. Es defineix el concepte de modes de propagació i s'estudiaran els diferents tipus de fibres òptiques en funció del nombre de modes que es propaguin. Es defineix el concepte de dispersió en fibra òptica i es descriuen els diferents tipus de dispersió; es descriuen els diferents tipus de fibra òptica comercials segons les seves característiques (G.652, G.653 i G.655). Finalment s'obté la relació entre l'ample de banda i la dispersió de les fibres òptiques. En un últim apartat s'aborda la problemàtica de la transmissió, des del punt de vista de teoria de senyal, estudiant els diferents fenòmens que afecten la qualitat del senyal transmès.
Concretament, s'estudiarà:
· Propagació dels senyals òptics, Modes de propagació, Atenuació, Dispersió.
· Compromís atenuació-dispersió, Compensació de les dispersions. Tipus de fibres (G.652, G.653, G.654 i G.655).
· Efectes no-lineales (FWM, SPM, XPM, SBS) en la propagació dels senyals òptics.
· Cables de fibres, Connexió de fibres, mesures d'atenuació per reflectometria òptica (OTDR).

Activitats vinculades:
Laboratori d'anàlisi i caracterització de les fibres òptiques.
Solució de problemes de fibres òptiques.
Taller d'activitats de les fibres òptiques.

Dedicació: 32h
Grup gran/Teoria: 9h
Grup mitjà/Pràctiques: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Activitats dirigides: 1h
Aprenentatge autònom: 18h

Detecció òptica, Receptors òptics i sistemes de trasmissió per fibra

Descripció:
En un enllaç de fibra òptica, el fotodíode és l'últim component òptic del sistema bàsic. En aquest contingut es presenta en primer lloc el principi de funcionament d'un fotodíode i els tipus de fotodíodes (PIN i APD), posant de manifest les seves diferències no solament en termes de principi de funcionament sinó també de prestacions. S'introdueix a més el concepte de soroll en la detecció òptica. Finalment es calcula la relació Senyal-Soroll (SNR) presentant alguns casos particulars. Una vegada vistos els diferents elements, es portarà a terme l'anàlisi d'un sistema de transmissió òptic complet; es tracta en aquest tema el concepte de probabilitat d'error (BER). Finalment, s'estudiaran els sistemes de detecció coherents.
Concretament, s'estudiarà:
· Eficiència quàntica i sensibilitat d'un fotodetector, Tipus de fotodetectors (PIN i APD) i comparació de prestacions.
· Soroll en la detecció òptica i relació senyal-soroll (SNR). Detecció heterodina. Tipus de receptors òptics.
· Probabilitat d'error per bit (BER) en funció dels diferents paràmetres del sistema: model de Poisson, model de Gauss, paràmetre Q, relació parametre Q amb SNR i BER.
· Sistemes coherents per formats de modulació avançats.

Activitats vinculades:
Laboratori d'anàlisi i caracterització dels receptors òptics.
Solució de problemes de receptors òptics.
Taller d'activitats de receptors òptics.

Dedicació: 38h
Grup gran/Teoria: 10h
Grup mitjà/Pràctiques: 3h
Grup petit/Laboratori: 3h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 20h

Amplificadors òptics

Descripció:
Els objectius d'aquest contingut és introduir el concepte de l'amplificació òptica, així com els diferents tipus d'amplificadors (EDFA i SOA).
Concretament, s'estudiarà:
· Concepte d'amplificació òptica
· Tipus d'amplificadors: semiconductors (SOA) i de fibra dopada (EDFA).
· Soroll en amplificació òptica.

Activitats vinculades:
Laboratori d'anàlisi i caracterització dels amplificadors òptics.
Solució de problemes dels amplificadors òptics.
Taller d'activitats dels amplificadors òptics.

Dedicació: 17h
Grup gran/Teoria: 4h
Grup mitjà/Pràctiques: 1h
Grup petit/Laboratori: 1h
Activitats dirigides: 1h
Aprenentatge autònom: 10h

Multiplexació de longitud d'ona (WDM): Dispositius i sistemes

Descripció:
Els actuals sistemes de transmissió per fibra òptica utilitzen la tecnologia de multiplexació per longitud d'ona (WDM). Amb aquest contingut es pretén proporcionar bàsicament els coneixements sobre els components bàsics/subsistemes per a sistemes WDM (Multiplexors/De-multiplexors òptics, commutadors òptics, dispositius d'extracció-inserció de longitud d'ones, etc.). A més, es pretén presentar les actuals infraestructures de xarxes de telecomunicacions públiques evidenciant les seves ineficiències. Es presenten llavors les xarxes de transport òptiques, descrivint l'arquitectura i els sistemes de les xarxes òptiques de commutació de circuits.
Concretament, s'estudiarà:
· Tecnologies de multiplexació amb longitud d'ona (WDM).
· Components basics per a sistemes WDM (Multiplexors/Demultiplexors òptics, filtres òptics, commutadors òptics, dispositius de extracció-inserció de longitud d'ones, components òptics passius, etc.).
· Monitorització de senyals òptics.
· Sistemes WDM d'alta capacitat.
· Xarxes òptiques amb commutació de canals òptics.

Activitats vinculades:
Laboratori d'anàlisi i caracterització dels dispositius i sistemes WDM.
Taller d'activitats dels sistemes WDM.

Dedicació: 30h
Grup gran/Teoria: 8h
Grup mitjà/Pràctiques: 1h
Grup petit/Laboratori: 2h
Activitats dirigides: 1h
Aprenentatge autònom: 18h

ACTIVITATS

ANÀLISI I CARACTERITZACIÓ DE TRANSMISSORS ÒPTICS

Dedicació: 6h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 4h

ANÀLISI I CARACTERITZACIÓ DELS RECEPTORS ÒPTICS

Dedicació: 9h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 6h

ANÀLISI I CARACTERITZACIÓ D'UN SISTEMA DE TRANSMISSIÓ ÒPTIC (TRANSMISSOR ÒPTIC+FIBRA ÒPTICA+RECEPTOR ÒPTIC)

Dedicació: 4h
Grup petit/Laboratori: 1h
Aprenentatge autònom: 3h

ANÀLISI I CARACTERITZACIÓ D'UN SISTEMA DE TRANMISSIÓ COMPLET (TRANSMISSOR ÒPTIC+FIBRA ÒPTICA+AMPLIFICADORS+RECEPTOR ÒPTIC)

Dedicació: 3h
Grup petit/Laboratori: 1h
Aprenentatge autònom: 2h

ANÀLISI I CARACTERITZACIÓ DE SISTEMES WDM

Dedicació: 8h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 6h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Qualsevol acte de frau acadèmic, plagi, ús o tinença a l'abast de mitjans no autoritzats en qualsevol activitat d'avaluació comportarà la qualificació de zero (0) en la prova o lliurament afectat. A més, d'acord amb la normativa de la Universitat, la possible derivació dels fets per a l'obertura d'un expedient disciplinari implicarà que l'assignatura quedi en l'estat provisional de "pendent d'avaluació" fins a la resolució de l'expedient. La gestió d'aquestes incidències es desplega d'acord amb el **Marc d'actuació per a la integritat acadèmica en l'avaluació de la UPC**.

S'aplicaran els criteris d'avaluació definits a la infoweb de l'assignatura.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

L'assistència a les sessions de laboratori serà obligatòria.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Senior, John M.; Jamro, M. Yousif. Optical fiber communications: principles and practice. 3rd ed. New York: Prentice Hall, 2008. ISBN 9780130326812.
- Agrawal, G.P. Fiber-optic communication systems [en línia]. 4th ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2010 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470918524. ISBN 9780470505113.
- Keiser, Gerd. Optical fiber communications. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2011. ISBN 9780073380711.
- Ramaswami, Rajiv; Sivarajan, Kumar N.; Sasaki, Galen H. Optical networks : a practical perspective [en línia]. 3rd ed. San Francisco [etc.]: Morgan kaufmann, 2010 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: https://www-sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780123740922/optical-networks. ISBN 9780123740922.