

Titulació	Tipus	Curs
Enginyeria de Telecomunicació	OB	1

Professor/a de contacte

Nom : Miquel Garcia Fernandez

Correu electrònic : miquel.garcia.fernandez@uab.cat

Equip docent

Regina Enrich Sard

Jordi Verdu Tirado

Idiomes dels grups

Podeu consultar aquesta informació al [final](#) del document.

Prerequisits

Es recomana que l'alumnat tingui coneixements previs de:

- Fonaments de sistemes i xarxes de telecomunicació.
- Transmissió digital i comunicacions mòbils.
- Conceptes bàsics de propagació ràdio i ús de l'espectre.
- Nocions elementals de dimensionat de xarxa i anàlisi de tràfic.
- Competència bàsica amb eines de càlcul, simulació o programació per a l'anàlisi d'escenaris tècnics.

Objectius

La planificació i gestió d'infraestructures de telecomunicacions requereix connectar la demanda de servei amb decisions de disseny tècnic, restriccions regulatòries i criteris de viabilitat econòmica. L'assignatura proposa una visió integrada del desplegament de xarxes, des de la definició de requisits fins a la presa de decisions sobre cobertura, capacitat, transport, costos, eficiència energètica i estratègia d'evolució de la xarxa.

La matèria s'aborda des d'una perspectiva aplicada, orientada a capacitar l'alumnat per traduir escenaris reals de desplegament en solucions justificades des de punts de vista d'enginyeria i negoci. Al llarg del curs, s'introduirà també una dimensió comparativa entre xarxes terrestres i solucions per satèl·lit.

Els objectius de l'assignatura són:

- Interpretar necessitats de servei i traduir-les en requisits tècnics quantificables.
- Establir models de demanda i definir indicadors clau de prestació de xarxa.
- Dimensionar una capa ràdio coherent amb una demanda donada i justificar les solucions de compromís entre cobertura i capacitat.
- Dissenyar la xarxa de transport associada a l'accés, considerant agregació de tràfic, latència, sincronització i fiabilitat.
- Avaluar la viabilitat econòmica d'un desplegament mitjançant models simplificats de CAPEX (costos de capital i inversió), OPEX (costos operatius) i ROI (retorn de la inversió).
- Integrar criteris d'eficiència energètica i sostenibilitat en les decisions de disseny.
- Analitzar l'impacte del marc regulatori i de l'espectre en la definició d'una infraestructura de telecomunicació.
- Desenvolupar estratègies de desplegament progressiu i defensar decisions tècniques i econòmiques en entorns realistes.
- Relacionar els conceptes de planificació de xarxa amb casos reals.

Resultats d'aprenentatge

- CA20 (Gestionar la convergència i la interoperabilitat en infraestructures de telecomunicacions terrestres i no terrestres com un conjunt de subsistemes o xarxes que pot integrar diferents serveis.) Gestionar la convergència i la interoperabilitat en infraestructures de telecomunicacions terrestres i no terrestres com un conjunt de subsistemes o xarxes que pot integrar diferents serveis.
- CA21 (Gestionar equips interdisciplinaris per a la implementació d'un sistema de comunicacions terrestre i no terrestre.) Gestionar equips interdisciplinaris per a la implementació d'un sistema de comunicacions terrestre i no terrestre.
- CA22 (Dirigir obres i instal·lacions de telecomunicacions, complir les normatives i assegurar la qualitat del servei.) Dirigir obres i instal·lacions de telecomunicacions, complir les normatives i assegurar la qualitat del servei.
- KA19 (Identificar la normativa i les regulacions vigents per a la planificació de sistemes de comunicacions terrestres i no terrestres i indicar com cal garantir el compliment dels estàndards tècnics i operatius en cada fase del projecte.) Identificar la normativa i les regulacions vigents per a la planificació de sistemes de comunicacions terrestres i no terrestres i indicar com cal garantir el compliment dels estàndards tècnics i operatius en cada fase del projecte.
- KA20 (Identificar el funcionament intern, l'estructura organitzativa i els processos de presa de decisions en empreses del sector tecnològic i de telecomunicacions.) Identificar el funcionament intern, l'estructura organitzativa i els processos de presa de decisions en empreses del sector tecnològic i de telecomunicacions.
- SA27 (Modelar xarxes de transport, difusió i distribució de senyals multimèdia posant el focus en el desenvolupament empresarial.) Modelar xarxes de transport, difusió i distribució de senyals multimèdia posant el focus en el desenvolupament empresarial.
- SA28 (Planificar el disseny d'un sistema de comunicacions terrestre i no terrestre per a les aplicacions actuals tenint en compte la interoperabilitat i l'escalabilitat.) Planificar el disseny d'un sistema de comunicacions terrestre i no terrestre per a les aplicacions actuals tenint en compte la interoperabilitat i l'escalabilitat.
- SA29 (Aplicar els requisits d'homologació de components i subsistemes en el disseny d'infraestructura de xarxa.) Aplicar els requisits d'homologació de components i subsistemes en el disseny d'infraestructura de xarxa.

Continguts

- De la demanda al disseny
- Interpretació de necessitats de servei.
- Traducció de necessitats de servei en requisits tècnics quantificables.
- Definició de requisits de xarxa.

- Models de demanda.
- Escenaris d'ús: urbà dens, rural, industrial i corredor de mobilitat.
- Estimació de demanda de tràfic, densitat d'usuaris i requisits de qualitat de servei.
- KPIs de xarxa: capacitat per unitat d'àrea, latència objectiu i disponibilitat.
- Identificació de perfils de tràfic típics.
- Dimensionament ràdio
- De requisits de tràfic a infraestructura ràdio.
- Cobertura, capacitat i ús de l'espectre.
- "Link budget" simplificat.
- Eficiència espectral.
- Diferències entre bandes sub-6 GHz i mmWave.
- Definició de la mida de cel·la.
- Dimensionament del nombre de nodes ràdio i espectre necessari.
- Solucions de compromís entre cobertura i capacitat.
- Impacte de la densificació en el rendiment global.
- Transport de xarxa
- Tecnologies de transmissió: fibra òptica i radioenllaços.
- Dimensionament de backhaul i arquitectures de transport.
- Topologies de xarxa: estrella, anell i malla.
- Agregació de tràfic i sobresubscripció.
- Latència, sincronització i fiabilitat.
- Disseny d'una xarxa de transport adaptada a un escenari específic.
- Aspectes econòmics
- Model de costos i viabilitat.
- CAPEX: equipament, infraestructura i espectre.
- OPEX: energia, manteniment i lloguer.
- KPIs econòmics: cost per usuari i cost per Mbps.
- Models de cost de xarxa.
- ROI, període de recuperació i punt d'equilibri.
- Eficiència energètica
- Impacte energètic de les xarxes de telecomunicació.
- Relació entre consum, cost operatiu i sostenibilitat.
- Quantificació del consum energètic en nodes ràdio.
- Impacte del tràfic i de la banda de freqüència en el consum.
- Estratègies d'optimització i estalvi energètic.
- KPIs energètics i impacte en OPEX.
- Regulació i espectre
- Restriccions i oportunitats regulatòries en el desplegament.
- Assignació d'espectre: subhastes i llicències.
- Característiques de diferents bandes de freqüència.
- Límits d'emissió, exposició i obligacions de cobertura.
- Compartició d'infraestructura i espectre.
- Estratègies de desplegament
- Presa de decisions en entorns realistes.
- Fases de desplegament: de cobertura a densificació i capacitat.
- Estratègies diferenciades segons cada escenari.
- Desplegament progressiu i compartició.
- Decisions tècniques enfront de decisions econòmiques.
- Anàlisi de casos reals d'operadors.

Cadascuna d'aquestes sessions s'aplicarà al cas de xarxes terrestres i xarxes per satèl·lit.

Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Classes teòriques	136	5,44	CA20, CA21, CA22, KA19, KA20, SA27, SA28, SA29

L'aprenentatge combinarà classes teòriques, anàlisi de casos i sessions pràctiques enfocades al disseny i avaluació de xarxes. L'assignatura es planteja amb un enfocament aplicat, de manera que els conceptes introduïts en les classes presencials es treballaran posteriorment sobre escenaris de desplegament realistes i casos de referència.

Hi ha tres tipus d'activitats:

- Activitats autònomes:
 - Estudi individual dels fonaments teòrics de l'assignatura i de la bibliografia recomanada.
 - Preparació d'exercicis, anàlisi de escenaris i resolució de problemes de planificació, dimensionament i viabilitat.
 - Preparació progressiva del projecte integrador desenvolupat durant les sessions pràctiques.
- Activitats dirigides:
 - Classes presencials de teoria enfocades a introduir models, eines i criteris de decisió per al disseny d'infraestructures de telecomunicació.
 - Sessions pràctiques enfocades a aplicar conceptes del curs a escenaris específics de xarxa.
 - En cadascun dels blocs principals, es reservarà una part de la docència per mapejar conceptes teòrics a casos reals, per tal de connectar teoria, enginyeria i realitat industrial.
- Activitats supervisades:
 - Tutories i seguiment del projecte integrador.
 - Supervisió del treball en sessions pràctiques i orientació en la presa de decisions tècniques i econòmiques.

Les sessions pràctiques s'organitzaran en quatre sessions, concebudes com fites d'un projecte integrador. En elles, l'alumnat definirà un escenari, dimensionarà la solució d'accés, proposarà una xarxa de transport, incorporarà criteris econòmics, energètics i regulatoris, i prepararà una defensa final de la proposta.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, perquè l'alumnat completi les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura.

Avaluació

Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Projecte de desplegament d'un sistema de comunicacions	50%	10	0,4	CA20, CA21, CA22, KA19, KA20, SA27, SA28, SA29
Examen parcial sistemes terrestres	25%	2	0,08	CA20, CA21, CA22, KA19, KA20, SA27, SA28, SA29
Examen parcial sistemes satel·litals	25%	2	0,08	CA20, CA21, CA22, KA19, KA20, SA27, SA28, SA29

L'assignatura consta de tres activitats d'avaluació:

- TE: Examen de la part terrestre (25%).
- SE: Examen de la part per satèl·lit (25%).
- PROJ: Projecte de desplegament i defensa final (50%).

El projecte integrador (PROJ) consistirà en el disseny d'una xarxa completa per a un escenari de desplegament específic. L'alumnat haurà de justificar les decisions adoptades des de perspectives tècniques i de negoci. El projecte es desenvoluparà durant les quatre sessions pràctiques i culminarà amb una presentació oral final.

L'avaluació del projecte es realitzarà mitjançant punts de control després de o durant cada sessió pràctica i

mitjançant la presentació final. Es proposa la següent distribució interna de la qualificació del projecte:

- CP1: Definició d'escenari, hipòtesis i requisits (10% de la qualificació final).
- CP2: Disseny de la capa d'accés i dimensionament preliminar (10% de la qualificació final).
- CP3: Xarxa de transport, model econòmic i viabilitat (10% de la qualificació final).
- CP4: Integració final, regulació, energia i estratègia de desplegament (10% de la qualificació final).
- PF: Presentació oral i defensa del projecte (60% de la qualificació final).

La qualificació final de l'assignatura es calcularà segons:

si $(TE_Qualificació \geq 3.5 \text{ i } SE_Qualificació \geq 3.5) \rightarrow Qualificació_Final = 0,25 \times TE_Qualificació + 0,25 \times SE_Qualificació + 0,50 \times PROJ_Qualificació$ si $(TE_Qualificació < 3.5 \text{ o } SE_Qualificació < 3.5) \rightarrow Qualificació_Final = \min(TE_Qualificació, SE_Qualificació)$

Recuperació

Per aprovar l'assignatura es requereix que $Qualificació_Final \geq 5$. L'alumnat amb $Qualificació_Final < 5$ podrà acollir-se a una prova de recuperació corresponent a la part d'exàmens.

El projecte integrador, pel seu caràcter progressiu, aplicat i basat en avaluació continuada durant les sessions pràctiques, no serà recuperable.

Consideració de "No Avaluable"

L'alumnat que no es presenti a cap examen escrit ni participi en les activitats mínimes d'avaluació continuada tindrà la consideració de "No Avaluable".

Consideracions addicionals

Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que es considerin oportunes, i d'acord amb la normativa vigent, les irregularitats comeses per l'estudiant que puguin conduir a una variació de la qualificació d'un acte d'avaluació es qualificaran amb un zero. Copiar o deixar copiar activitats avaluable, inclosos informes, càlculs, documents o presentacions del projecte, comportarà suspendre l'activitat corresponent i pot comportar el suspens de l'assignatura.

La correcció lingüística i la claredat en l'argumentació també podran ser considerades en l'avaluació d'informes, entregues parcials i presentacions.

Aquesta assignatura no preveu el sistema d'avaluació única.

Bibliografia

Dahlman, E., Parkvall, S., Sköld, J. [5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology](#).

Dahlman, E., Parkvall, S., Sköld, J. [4G, LTE-Advanced Pro and The Road to 5G](#).

Poikselkä, M., Mayer, G. *5G System Design*.

Alleman, J., Noam, E. *The Economics of Telecommunications Networks*.

Samdanis, K., Rost, P., Maeder, A., Meo, M., Verikoukis, C. [Green Communications: Principles, Concepts and Practice](#).

IEEE Communications Surveys. [A Survey of Energy-Efficient Techniques for 5G Networks and Challenges](#)

[Ahead](#).

Cave, M. *Spectrum Management: Principles and Practice*.

Osseiran, A. et al. [5G Mobile and Wireless Communications Technology](#).

Programari

Les sessions pràctiques es podran realitzar amb fulls de càlcul, notebooks en Python, Matlab o eines equivalents de codi obert, en funció del tipus d'exercici i de l'escenari de disseny plantejat.

Ús de la IA

El material docent s'estructurarà de forma que pugui ser reutilitzat en entorns d'estudi assistits per IA (per exemple NotebookLM) i plataformes de consulta documental.

En aquesta assignatura es permet l'ús de tecnologies d'intel·ligència artificial (IA) com a part integral del desenvolupament del treball, sempre que el resultat final reflecteixi una contribució significativa de l'estudiant en l'anàlisi i la reflexió personal. L'estudiant haurà d'identificar clarament quines parts han estat generades amb aquesta tecnologia. La manca de transparència sobre l'ús de la IA es considera una mancança de sinceritat acadèmica i pot comportar una penalització en la qualificació de l'activitat o sancions més greus en casos de gravetat.

Grups i idiomes de l'assignatura

La informació proporcionada és provisional fins al 30 de novembre.
A partir d'aquesta data, podreu consultar l'idioma de cada grup a través d'aquest [enllaç](#). Per accedir a la informació, caldrà introduir el CODI de l'assignatura

Tipus de docència	Grup	Idioma	Semestre	Torn
(TEmRD) Teoria (màster RD)	1	Anglès	primer quadrimestre	tarda
(PLABmRD) Pràctiques de laboratori (màster RD)	1	Anglès	primer quadrimestre	tarda