

## Fonaments de Xarxes

Codi: 102713  
Crèdits: 6

**2024/2025**

Titulació	Tipus	Curs
2500895 Enginyeria Electrònica de Telecomunicació	OB	3
2500898 Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació	OB	3

### Professor/a de contacte

Nom: Ramon Marti Escale

Correu electrònic: ramon.marti.escale@uab.cat

### Equip docent

Alejandro Perez Conesa

Vladimir Bellavista Parent

(Extern) Andreu Urruela Planas

(Extern) Marcos Rodríguez García

### Idiomes dels grups

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

### Prerequisits

L'alumnat ha de tenir un nivell adequat de càlcul, d'estadística i de programació.

### Objectius

- Conèixer l'arquitectura i el funcionament de diferents xarxes de telecomunicació.
- Conèixer l'arquitectura i el funcionament de diferents protocols de telecomunicació.
- Conèixer el funcionament dels mecanismes d'interconnexió de xarxes de telecomunicació.
- Conèixer el funcionament i saber dissenyar aplicacions i serveis de telecomunicació distribuïts.
- Conèixer el funcionament i saber analitzar el rendiment dels mitjans de transport i tècniques per la transmissió de dades.
- Conèixer el funcionament i saber analitzar el rendiment dels protocols de control d'enllaç de dades i d'accés al medi.

### Competències

#### Enginyeria Electrònica de Telecomunicació

- Actitud personal
- Analitzar i valorar l'impacte social i mediambiental de les solucions tècniques
- Aprendre nous mètodes i tecnologies a partir dels coneixements bàsics i dels tecnològics, i tenir versatilitat per adaptar-se a noves situacions
- Comunicació
- Hàbits de pensament
- Hàbits de treball personal
- Redactar, desenvolupar i firmar projectes en l'àmbit de l'enginyeria de telecomunicacions que tinguin per objecte la concepció, el desenvolupament o l'explotació de sistemes electrònics
- Treball en equip

#### Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació

- Actitud personal
- Analitzar i valorar l'impacte social i mediambiental de les solucions tècniques.
- Aprendre nous mètodes i tecnologies a partir dels coneixements bàsics i dels tecnològics, i tenir versatilitat per adaptar-se a noves situacions
- Aprendre nous mètodes i tecnologies a partir dels coneixements bàsics i dels tecnològics, i tenir versatilitat per adaptar-se a noves situacions.
- Comunicació
- Hàbits de pensament.
- Hàbits de treball personal
- Redactar, desenvolupar i firmar projectes en l'àmbit de l'enginyeria de telecomunicacions que, segons l'especialitat, tinguin per objecte la concepció, el desenvolupament o l'explotació de xarxes, serveis i aplicacions de telecomunicació i electrònica.
- Treball en equip

## Resultats d'aprenentatge

1. Aprendre de manera autònoma nous coneixements i tècniques adequats per a la concepció, el desenvolupament o l'explotació de sistemes de telecomunicació, en tot allò que fa referència als subsistemes de processat de senyal i als aspectes bàsics de xarxa
2. Aprendre de manera autònoma nous coneixements i tècniques adequats per a la concepció, el desenvolupament o l'explotació de sistemes de telecomunicació, pel que fa als subsistemes de processat de senyal i els aspectes bàsics de xarxa.
3. Avaluar l'impacte econòmic i social de xarxes, sistemes, serveis i infraestructures de telecomunicació en contextos residencials empresarials o institucionals
4. Avaluar l'impacte econòmic i social de xarxes, sistemes, serveis i infraestructures de telecomunicació en contextos residencials, empresarials o institucionals.
5. Comunicar eficientment, oralment i per escrit, coneixements, resultats i habilitats, tant en entorns professionals com davant de públics no experts.
6. Concebre, desplegar, organitzar i gestionar xarxes, sistemes, serveis i infraestructures de telecomunicació en contextos residencials (casa, ciutat i comunitats digitals), empresarials o institucionals i responsabilitzar-se de posar-los en marxa i millorar-los contínuament.
7. Concebre, desplegar, organitzar i gestionar xarxes, sistemes, serveis i infraestructures de telecomunicació en contextos residencials (llar, ciutat i comunitats digitals), empresarials o institucionals responsabilitzant-se de la seva posada a punt i millora contínua
8. Descriure els mètodes d'interconnexió de xarxes i encaminament, així com els fonaments de la planificació, dimensionament de xarxes en funció de paràmetres de tràfic.
9. Descriure i aplicar els conceptes d'arquitectura de xarxa, protocols i interfícies de comunicacions.
10. Desenvolupar el pensament sistèmic.
11. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
12. Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i de síntesi.
13. Desenvolupar la curiositat i la creativitat.
14. Diferenciar els conceptes de xarxes d'accés i transport, xarxes de commutació de circuits i de paquets, xarxes fixes i mòbils, així com els sistemes i aplicacions de xarxa distribuïts, serveis de veu, dades, àudio, vídeo i serveis interactius i multimèdia.
15. Fer un ús eficient de les TIC en la comunicació i la transmissió d'idees i resultats.

16. Prendre decisions pròpies.
17. Treballar cooperativament.
18. Treballar de manera autònoma.
19. Utilitzar aplicacions de comunicació i informàtiques (ofimàtiques, bases de dades, càlcul avançat, gestió de projectes, visualització, etc.) per a donar suport al desenvolupament i explotació de xarxes, serveis i aplicacions de telecomunicació i electrònica

## Continguts

L'assignatura es divideix en 2 parts. La primera presenta l'arquitectura i protocols de les xarxes de telecomunicació, mentre que la segona se centra en les tecnologies per a xarxes de telecomunicació.

### 0. Introducció

- Introducció

### Part I. Arquitectura i protocols de xarxes de telecomunicació

#### I.1 Arquitectura de xarxa, capes, protocols i interfícies de comunicacions

- I.1.1 Arquitectura de capes
- I.1.2 Model OSI
- I.1.3 Model TCP/IP
- I.1.4 Interconnexió de xarxes  
Repetidor, *Hub*, *Bridge*, *Switch*, *Router*, *Gateway*

#### I.2 Classificació de xarxes

- I.2.1 Topologies de xarxa  
Modes de comunicació: unicast, broadcast, multicast, anycast.  
Tipus de connexions: punt-a-punt, punt-multipunt, multipunt-multipunt.  
Problemàtica de les xarxes totalment connectades.  
Topologies típiques: línia, bus, arbre, anell, estrella, malla.
- I.2.2 Xarxes d'accés i troncs
- I.2.3 Segons tecnologia: Fils, Sense fils, Mòbils
- I.2.4 Segons abast: WAN, MAN, LAN, PAN[, VPN]
- I.2.5 Segons tipus de commutació: Circuits, Missatges, Paquets (mode Datagrama, mode Circuit Virtual)

#### I.3 Capa d'Aplicació: Aplicacions i serveis distribuïts

- I.3.1 Arquitectura client / servidor
- I.3.2 Models de comunicació distribuïda: RPC, RMI, paquets/datagrames, fluxos, missatges, Web servers, nous paradigmes
- I.3.3 Programació d'aplicacions distribuïdes  
Sockets  
Servidors  
Clients  
Servidors concurrents

#### I.4 Capes de Transport i Xarxa: Protocols TCP/IP

- I.4.1 Introducció
- I.4.2 UDP
- I.4.3 TCP
- I.4.4 IP

I.5 Capa de Xarxa: Creació de xarxes i subxarxes

I.6 Capa de Xarxa: Encaminament bàsic

I.6.1 Introducció

I.6.2 Entrega directa / indirecta

I.6.3 ARP

I.7 Capes d'Enllaç i Física: Tecnologies de xarxa

I.7.1 Introducció

I.7.2 Capa Física Ethernet

I.7.3 Cable: ADSL i Fibra òptica

I.8 Serveis Internet

I.8.1 DHCP

I.8.2 DNS

I.8.3 NAT

Part II. Tecnologies per a xarxes de telecomunicació

II.1 Visió general de les xarxes de telecomunicació

II.1.1 Organització funcional d'una xarxa de telecomunicació: pla de dades, control i gestió

II.1.2 Organització lògica d'una xarxa de telecomunicació: xarxa d'accés, transport i nucli

II.1.3 Mecanismes per la implementació del pla de dades: commutació de circuits i paquets

II.1.4 Requeriments de les aplicacions: velocitat, retard, jitter i pèrdua de paquets

II.2 Mitjans i tècniques de transmissió de dades

II.2.1 Mitjans de transmissió: guiats i sense fils

II.2.2 Tècniques de modulació: amplitud, freqüència i fase

II.2.3 Característiques del canal: atenuació, distorsió i soroll

II.2.4 Mesures de capacitat del canal: teoremes de Nyquist i de Shannon

II.2.5 Determinació de la cobertura: models de propagació i balanç de potència

II.3 Mecanismes de control d'enllaç de dades

II.3.1 Topologia: punt a punt, punt a multipunt

II.3.2 Configuració de línia: half-duplex, full-duplex

II.3.3 Sincronització: asíncron, síncron

II.3.4 Entramat: caràcter, bit

II.3.5 Detecció i correcció d'errors: paritat i redundància cíclica

II.3.6 Control de flux: parada i espera, finestra lliscant i ARQ

II.4 Compartició del medi físic

II.4.1 Multiplexatge: temps, freqüència, espai i codi

II.4.2 Accés múltiple determinista: TDMA, FDMA, SDMA i CDMA

II.4.3 Accés múltiple aleatori: ALOHA, Slotted ALOHA i CSMA

II.5 Evolució de les xarxes de telecomunicacions

II.5.1 Accés: XTC, XDSI, xDSL, xPON

II.5.2 Core: SDH, PDH, X.25, Frame Relay, ATM/SONET

II.5.3 Àrea local i personal: Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth

II.5.4 Xarxes cel·lulars: 1G, 2G, 3G, 4G

## Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes de problemes	10	0,4	5, 9, 8, 14
Classes de teoria	26	1,04	3, 1, 6, 7, 9, 8, 14, 4, 2, 19
Sessions de pràctiques al laboratori	12	0,48	1, 5, 9, 8, 13, 10, 12, 14, 15, 2, 19, 17
Tipus: Supervisades			
Treballs tutoritzats i consultes del portafolis	8	0,32	5, 9, 8, 14, 15
Tipus: Autònomes			
Elaboració del portafolis virtual de l'assignatura	30	1,2	3, 1, 5, 6, 7, 9, 8, 14, 15, 4, 2, 18, 17
Estudi i preparació de les proves d'avaluació	28	1,12	1, 9, 8, 14, 2, 18
Preparació i treball autònom de pràctiques	26	1,04	5, 9, 8, 14, 18, 17

Al llarg de l'assignatura es duran a terme les següents activitats:

- Sessions de teoria, on el professorat subministrarà informació sobre els coneixements de l'assignatura i sobre estratègies per adquirir, ampliar i organitzar aquests coneixements. Es fomentarà la participació activa de l'alumnat durant aquestes sessions, per exemple plantejant discussions en aquells punts que admetin solucions tecnològiques diverses.
- Sessions de problemes, on l'alumnat haurà de participar activament en grup per consolidar els coneixements adquirits resolent, presentant i debatent problemes i activitats que hi estiguin relacionats. Distingim els problemes i les activitats dels exercicis, que podríem considerar problemes trivials. Els problemes i activitats tot sovint admetran diverses solucions i podran originar debat entre l'alumnat.
- Sessions de pràctiques al laboratori, on es plantejaran petits projectes per ser analitzats i desenvolupats per l'alumnat en grup. Les sessions hauran estat preparades, documentades i programades pel professorat amb antelació i l'alumnat les hauran de preparar abans d'assistir-hi, revisant els coneixements teòrics relacionats i els aspectes tècnics bàsics del desenvolupament. Les sessions pràctiques han de servir a l'alumnat per assolir les habilitats de l'assignatura i contribuir a assolir algunes competències com ara la de treball autònom.
- Elaboració del Portafolis de l'assignatura, de forma virtual. L'alumnat haurà de treballar autònomament en equips en la recerca i l'elaboració del material corresponent a les evidències del seu aprenentatge tant de teoria com de problemes, i en l'estudi d'aquest material. Les evidències comprenen ampliacions dels diferents temes exposats a les sessions de teoria i resolució col·laborativa de problemes. El professorat farà el seguiment del treball dels diferents equips, proporcionarà realimentació als equips depenent de la tasca feta i dels dubtes que plantegin o dels errors que manifestin. L'elaboració del Portafolis ha de servir a l'alumnat per contribuir a assolir les competències de l'assignatura. La metodologia docent i l'avaluació van estretament lligades al sistema de Portafolis virtual, que és l'element cohesionador de les diferents activitats docents durant el curs, i que permet un sistema d'avaluació continuat i formatiu, incorporat al procés d'ensenyament/aprenentatge. El Portafolis ajudarà que l'alumnat desenvolupi un treball constant que el portarà a assolir els coneixements proposats, i les habilitats i les competències associades a les parts de teoria i problemes.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

## Avaluació

### Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Activitats a classe	15% No s'exigeix nota mínima per a aquesta part	2	0,08	3, 5, 9, 8, 10, 12, 14, 4, 16, 17
Proves de validació de coneixements	30% La nota mínima exigida per a aquesta part és de 5 sobre 10	4	0,16	1, 5, 6, 7, 9, 8, 14, 2, 19
Seguiment de les sessions pràctiques	25% La nota mínima exigida per a aquesta part és de 5 sobre 10	3	0,12	1, 5, 9, 8, 13, 10, 12, 14, 15, 2, 19, 17
Valoració de l'elaboració del portafolis virtual	30% La nota mínima exigida per a aquesta part és de 5 sobre 10	1	0,04	3, 1, 5, 6, 7, 9, 8, 11, 14, 15, 4, 2, 18, 17

### Procés i activitats d'avaluació programades

La qualificació final de l'assignatura, que inclou valoració sobre l'adquisició de coneixements, habilitats i competències, la calcularem ponderant:

- En un 30% la qualificació de la feina feta en el Portafolis. La nota mínima exigida per aquesta part és 5 sobre 10.
- En un 30% la qualificació de validació de coneixements. La nota mínima exigida per aquesta part és 5 sobre 10. Per portar a terme la validació de coneixements, es faran dues proves parcials durant el curs (una prova parcial per avaluar la part I de l'assignatura i una altra prova parcial per avaluar la part II de l'assignatura) i un examen final (que avaluarà ambdues parts). Qui tregui més d'un 4 en alguna de les dues parts a les proves parcials, no s'haurà d'avaluar de nou d'aquesta part a l'examen final (la nota per aquesta part serà la del parcial). La nota de validació serà finalment la mitjana de les notes obtingudes a les dues parts. Per tal de poder fer la mitjana, s'haurà d'haver obtingut més de 4 a l'examen teòric de cada part (sigui al parcial o a la part corresponent del final).
- En un 15% la qualificació de la feina feta a les activitats a classe. No s'exigeix nota mínima per aquesta part.
- En un 25% la qualificació de les sessions pràctiques. La nota mínima exigida per aquesta part és 5 sobre 10. Per tal de poder fer la mitjana, s'haurà d'haver obtingut més de 4 a cadascuna de les pràctiques i haver superat les seves proves de validació.

Cal una nota final mínima de 5 per aprovar l'assignatura.

Quan no s'aconsegueixi superar alguna de les parts que requereixen nota mínima, es calcularà la mitjana amb les notes obtingudes. Si aquesta mitjana és igual o inferior a 4,7, la nota final serà aquesta mitjana, mentre que si és superior a 4,7 la nota final serà un 4,7 (S).

Aquesta assignatura no preveu el sistema d'avaluació única.

A continuació es descriuen amb més detall els mecanismes d'avaluació utilitzats a l'assignatura.

### Programació d'activitats d'avaluació

Les dates d'avaluació continuada i lliurament de treballs es publicaran el primer dia de l'assignatura al Campus Virtual i poden estar subjectes a possibles canvis de programació per motius d'adaptació a possibles incidències. Sempre s'informarà en el Campus Virtual sobre aquests canvis, ja que s'entén que aquesta és la plataforma habitual d'intercanvi d'informació entre professorat i alumnat.

Es preveuen les següents activitats d'avaluació:

- Portafolis de la Part I: setmanalment
- Portafolis de la Part II: Casos pràctics, segons calendari
- Activitats a classe: setmanalment
- Pràctiques: 5 sessions durant el curs, dia i hora depenent del grup de pràctiques
- Prova de validació de les pràctiques: una vegada fetes aquestes
- Exàmens parcials de teoria de les parts I i II de l'assignatura: al voltant de les setmanes 10 i 15
- Examen final de teoria

## Procés de recuperació

L'alumnat es pot presentar a la recuperació sempre que s'hagi presentat a un conjunt d'activitats que representin un mínim de dues terceres parts de la qualificació total de l'assignatura.

Els mecanismes de recuperació se centraran en les activitats 1) Portafolis, 2) Validació de Coneixements, 3) Sessions pràctiques. En el cas que no s'hagi aprovat alguna, o totes aquestes parts, abans de la data de l'examen final, es podrà recuperar en aquesta data mitjançant una prova escrita (als casos 2 i 3), fent un segon lliurament de la pràctica (cas 3) o presentant el Portafolis abans d'aquesta data (cas 1). Al cas 1, si es recupera la part de Portafolis, s'obtindrà un apte o no apte. Si s'obté apte, es tindrà un 5 com a nota màxima. Si s'obté no apte, es tindrà la nota obtinguda prèviament en aquesta part.

## Procediment de revisió de les qualificacions

Per a cada activitat d'avaluació, s'indicarà un lloc, data i hora de revisió en la qual l'alumnat podrà revisar l'activitat amb el professorat. En aquest context, es podran fer reclamacions sobre la nota de l'activitat, que seran avaluades pel professorat responsable de l'assignatura. Si no s'especifica el contrari, si no es presenta a aquesta revisió, no es revisarà posteriorment aquesta activitat.

## Qualificacions especials

Qui no faci cap treball al laboratori, no es presentin a cap de les proves parcials o finals escrites de teoria, i tinguin una nota inferior a 5 en el Portafolis, es considerarà que no hi ha prou evidències d'avaluació, i la nota final serà "no avaluable". La resta que no hagi aprovat l'assignatura tindrà una nota de "Suspens" amb la nota obtinguda a l'assignatura. Qui estigui qualificat amb Suspens per no haver assolit la nota mínima en alguna de les proves d'avaluació, tindrà com a nota la nota obtinguda a la prova d'avaluació que no ha pogut obtenir el mínim requerit (sempre agafant la mínima nota en el cas que no s'obtingui el mínim en diverses proves).

Matrícules d'honor: Atorgar una qualificació de matrícula d'honor és decisió del professorat responsable de l'assignatura. La normativa de la UAB indica que les MH només es podran concedir a qui hagi obtingut una qualificació final igual o superior a 9,00. Es pot atorgar fins a un 5% de MH del total de persones matriculades.

## Irregularitats per parts de l'alumnat, còpia i plagi

Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que s'estimin oportunes, i d'acord amb la normativa acadèmica vigent, es qualificaran amb un zero les irregularitats comeses per l'alumnat que puguin conduir a una variació de la qualificació d'un acte d'avaluació. Per tant, copiar o deixar copiar una pràctica o qualsevol altra activitat d'avaluació implicarà suspendre-la amb un zero, i si és necessari superar-la per aprovar, tota l'assignatura quedarà suspesa. No seran recuperables les activitats d'avaluació qualificades d'aquesta forma i, per aquest procediment, i, per tant, l'assignatura serà suspesa directament sense oportunitat de recuperar-la en el mateix curs acadèmic.

## Avaluació de l'alumnat repetidor

Qui repeteix podrà convalidar les 2 parts de teoria de l'assignatura per separat. La forma de calcular la nota final serà la mateixa que la mencionada a dalt, agafant la nota del Portafolis, activitats a classe i examen de la(les) part(s) que hagi convalidat.

Qui repeteix també podrà convalidar les pràctiques per separat. La forma de calcular la nota final serà la mateixa que la mencionada a dalt, agafant la nota de la pràctica (o pràctiques) que hagi convalidat.

## Detalls sobre les pràctiques

Les pràctiques consisteixen en la realització d'un seguit de treballs amb els quals es pretenen assolir coneixements i habilitats vistos a teoria o totalment nous. Es considera igual d'important haver treballat en tot el desenvolupament de la pràctica, com haver entès i après els coneixements que se'n deriven.

En el desenvolupament de l'assignatura, es duran a terme quatre projectes en els àmbits de:

- Programació d'aplicacions distribuïdes (2 setm. \* 2 h)
  - Programació d'aplicacions amb sockets de Berkeley
  - Cas pràctic (clients i servidors concurrents)
- Creació i administració de xarxes I (1 setm. \* 2 h)
  - Disseny i funcionament de xarxes
  - Cas pràctic (disseny de xarxes i subxarxes)
- Creació i administració de xarxes II (1 setm. \* 3 h)
  - Implementació i configuració de xarxes
  - Cas pràctic (configuració bàsica d'equips de xarxa)
- Creació i administració de xarxes III (1 setm. \* 3 h)
  - Anàlisi de xarxes i protocols
  - Cas pràctic (captura i anàlisi de tràfic de xarxa)

Els detalls concrets sobre l'organització de les pràctiques (grups, calendari, ponderació, ...) i sobre el seu seguiment (informes, requisits d'assistència, política sobre originalitat del codi, ...) es podran descarregar del Campus Virtual.

## Bibliografia

### Bibliografia bàsica

- W. Stallings (2007). Comunicacions informàtiques i de dades, 8a Edició. Pearson Prentice Hall. Fundació privada Torrens-Ibern, 2010. ([http://www.torrens-ibern.cat/?page\\_id=163](http://www.torrens-ibern.cat/?page_id=163))
- W. Stallings (2004). Comunicaciones y redes de computadores, 7a Edición. Pearson Prentice Hall.
- N. Barcia, C. Fernández, S. Frutos, G. López, L. Mengual, F.J. Soriano, F.J. Yáguez (2005). Redes de computadores y arquitecturas de comunicaciones. Supuestos prácticos. Pearson Prentice Hall.

### Bibliografia complementària

- Kurose & Ross. (2021). Computer Networking: A top-down Approach, 8th Edition. Pearson.
- D.E. Comer (2005). Internetworking with TCP/IP, 5th Edition. Prentice Hall.
- A.S. Tanenbaum (2002). Computer Networks, 4th Edition. Prentice Hall.
- M. Schwartz (2015). "Mobile Wireless Communications". Cambridge University Press.

### Enllaços web

- <http://williamstallings.com>
- <http://www.cs.purdue.edu/homes/dec/netbooks.html>

## Programari

Per a la realització de les sessions de laboratori s'utilitzarà

- Compilador de C (es podrà usar un entorn integrat de desenvolupament (IDE, *Integrated Development Environment*))
- Emulador de xarxes eve-ng



Per a la realització dels casos pràctics es podrà utilitzar:

- Matlab, GNU Octave o Python

## Llista d'idiomes

Nom	Grup	Idioma	Semestre	Torn
(PAUL) Pràctiques d'aula	311	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PAUL) Pràctiques d'aula	312	Català/Espanyol	primer quadrimestre	matí-mixt
(PAUL) Pràctiques d'aula	331	Català/Espanyol	primer quadrimestre	tarda
(PLAB) Pràctiques de laboratori	311	Català/Espanyol	primer quadrimestre	tarda
(PLAB) Pràctiques de laboratori	312	Català/Espanyol	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	313	Català/Espanyol	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	314	Català/Espanyol	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	315	Català/Espanyol	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	316	Català/Espanyol	primer quadrimestre	tarda
(TE) Teoria	310	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(TE) Teoria	330	Català/Espanyol	primer quadrimestre	tarda