

**Teoria de la Comunicació**

Codi: 102696

Crèdits: 9

| Titulació                                         | Tipus | Curs | Semestre |
|---------------------------------------------------|-------|------|----------|
| 2500898 Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació | OB    | 3    | 2        |

La metodologia docent i l'avaluació proposades a la guia poden experimentar alguna modificació en funció de les restriccions a la presencialitat que imposin les autoritats sanitàries.

**Professor/a de contacte**

Nom: Gonzalo Seco Granados

Correu electrònic: Gonzalo.Seco@uab.cat

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: català (cat)

Grup íntegre en anglès: No

Grup íntegre en català: Sí

Grup íntegre en espanyol: No

**Equip docent**

Rafael Terris Gallego

**Prerequisits**

Aquesta assignatura es pot considerar que és la continuació l'assignatura 102714 Fonaments de Comunicacions, per tant, es recomana haver cursat i superat 102714 Fonaments de Comunicacions.

També és convenient tenir un bon coneixement de 102690 Fonaments de Senyals i Sistemes, i 102712 Senyals i Sistemes Discrets.

**Objectius**

Un sistema de comunicacions en general consta dels següents blocs: font, codificador de font, codificador de canal, modulador, canal, demodulador, decodificador de canal, decodificador de font i destinatari. Al curs de Fonaments de Comunicacions s'ha posat l'èmfasi en l'estudi del modulador, canal i demodulador. En aquest curs, en primer lloc es recordaran i es veuran alguns aspectes nous de la part de modulació i demodulació, però sobre tot s'estudiarà en profunditat la resta de blocs del sistema, posant especial atenció en la caracterització de les fonts a nivell de teoria de la informació, la compressió mitjançant codis de font i la correcció d'errors introduïts pel canal mitjançant la codificació de canal.

Els objectius específics són:

- Consolidar els coneixements sobre modulacions i demodulacions, i descriure algunes tècniques més avançades que les vistes als cursos anteriors.
- Dimensionar els sistemes de comunicacions des del punt de vista de probabilitat d'error (codificació).
- Analitzar el fluxe d'informació al llarg del sistema de comunicacions fent servir els conceptes de teoria de la informació.
- Conèixer els límits fonamentals donats per la teoria de la informació.
- Codificar fonts per reduir-ne la redundància.
- Conèixer els principals mètodes de codificació de canal i els seus principis de funcionament.

## Competències

- Actitud personal
- Aplicar tècniques de processament de senyal determinista i estocàstic en el disseny de subsistemes de comunicacions i en l'anàlisi de dades.
- Aprendre nous mètodes i tecnologies a partir dels coneixements bàsics i dels tecnològics, i tenir versatilitat per adaptar-se a noves situacions.
- Comunicació
- Dissenyar i dimensionar sistemes de comunicacions multiusuari utilitzant els principis de la teoria de la comunicació sota les restriccions imposades per les especificacions i la necessitat de proveir de qualitat de servei.
- 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.
- Resoldre problemes amb iniciativa i creativitat. Prendre decisions. Comunicar i transmetre coneixements, habilitats i destreses, comprenent la responsabilitat ètica i professional de l'activitat de l'enginyer tècnic de telecomunicació.
- Treball en equip
- Treballar en un grup multidisciplinari i en un entorn multilingüe, i comunicar, tant per escrit com oralment, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb les telecomunicacions i l'electrònica.

## Resultats d'aprenentatge

1. Associar de manera autònoma nous coneixements i tècniques adequats per a concebre, desenvolupar o explotar sistemes i serveis de telecomunicació, amb especial èmfasi en la transmissió de dades.
2. Avaluar de manera crítica el treball dut a terme.
3. Classificar els avantatges i els inconvenients de diferents alternatives tecnològiques de desplegament o implementació de sistemes de comunicacions, des del punt de vista de la compressió de fonts digitals, la codificació de canal i els mecanismes de seguretat.
4. Combinar diferents alternatives tecnològiques a fi de proposar sistemes de transmissió de dades optimitzades per a les característiques de l'escenari d'aplicació.
5. Comprendre i il·lustrar els principals mètodes de codificació de canal i els seus principis de funcionament.
6. Comunicar eficientment, oralment i per escrit, coneixements, resultats i habilitats, tant en entorns professionals com davant de públics no experts.
7. Descriure, desenvolupar, analitzar i optimitzar els diferents blocs d'un sistema de transmissió de dades.
8. Desenvolupar el pensament científic.
9. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
10. Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i de síntesi.
11. Desenvolupar la curiositat i la creativitat.
12. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics.
13. Diferenciar els blocs i les funcionalitats d'un sistema de transmissió de dades complet.
14. Diferenciar i classificar els principals algorismes de codificació i compressió de fonts.
15. Discutir i aplicar sistemes de criptografia orientats a millorar la seguretat d'un sistema de comunicació.
16. Distingir els paràmetres fonamentals d'un sistema de comunicacions complet orientat a la transmissió de dades.
17. Fer un ús eficient de les TIC en la comunicació i la transmissió d'idees i resultats.
18. Gestionar el temps i els recursos disponibles.
19. Identificar els requisits mínims per a una comunicació de dades digitals fiable i segura.
20. Interpretar els límits fonamentals donats per la teoria de la informació.
21. Jutjar i criticar, tant oralment com per escrit, diferents conceptes, mètodes i tècniques de transmissió de dades digitals de manera fiable i segura.
22. Planejar el procés de disseny en equip de sistemes de comunicacions digitals amb èmfasi en les tasques de compressió de fonts, de codificació de dades i de transmissió segura de missatges.

23. Prevenir i solucionar problemes.
24. Reconèixer les diferents tècniques d'accés multiusuari i seleccionar les solucions més adequades segons l'escenari de comunicacions.
25. Ser capaç d'analitzar, codificar, processar i transmetre informació multimèdia emprant tècniques de processament analògic i digital de senyal.
26. Treballar cooperativament.
27. Treballar de manera autònoma.
28. Treballar de manera organitzada.
29. Utilitzar aplicacions de comunicació i informàtiques (ofimàtiques, bases de dades, càlcul avançat, gestió de projectes, visualització, etc.) per donar suport al disseny de sistemes de transmissió de dades i facilitar-ne la transferència tecnològica posterior.
30. Utilitzar els conceptes de sistemes de compressió de font de codificació de dades i de transmissió segura de missatges digitals en sistemes monousuari i multiusuari.

## Continguts

### 1. Definicions i propietats bàsiques a teoria de la informació

- Introducció als sistemes de transmissió de dades
- Detecció i necessitat de les codificacions de font i de canal.
- Entropia, entropia relativa, informació mútua.
- Desigualtat de processament de dades. Desigualtat de Fano.
- Propietat d'equipartició asimptòtica.

### 2. Codificació de font i compressió de dades.

- Tipus de codis de font i propietats.
- Teorema de codificació de font (1er teorema de Shannon).
- Codificació de Huffman.
- Codificació de Shannon-Fano-Elias.
- Codificació de Lempel-Ziv.

### 3. Capacitat de canal

- Tipus i caracterització del canal: capacitat de canal.
- Teorema de codificació de canal (2on teorema de Shannon).
- Entropia diferencial.
- Capacitat del canal guassiana.

### 4. Codis de bloc

- Propietats dels codis bloc lineals. Codis sistemàtics.
- Matrius generadores i de paritat.
- Exemples de codis bloc i concatenació de codis. Codis de Hamming, BCH, Reed-Solomon i LDPC.
- Decodificació i probabilitat d'error.
- Codis cíclics.

### 5. Codis convolucional

- Propietats dels codis convolucional.
- Representació i descripció. Diagrama d'estats i trellis.
- Tipus de codis. Codis sistemàtics. Codis recursius.
- Probabilitat d'error i prestacions. Distància lliure. BER.
- Decodificació òptima (MLSE). Algorisme de Viterbi.

## Metodologia

Activitats presencials

- Classes de teoria: exposició dels continguts teòrics
- Classes de problemes: resolució de problemes relacionats amb la teoria, amb participació dels propis alumnes.
- Pràctiques de laboratori: aplicació de les tècniques presentades a les classes de teoria a diferents sistemes reals i posada en pràctica amb diferents programaris de simulació.
- Exàmens parcials i final.

#### Activitats autònomes

- Estudi dels continguts teòrics i pràctics de l'assignatura. Resolució dels problemes i el·laboració de lliuraments amb sol·lucions d'alguns conjunts de problemes. Preparació dels exàmens.
- Treballs pràctics: realització i aprofundiment de les pràctiques de laboratori. Preparació de la memòria de cada pràctica.

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.

### Activitats formatives

| Títol                          | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                                                                                      |
|--------------------------------|-------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipus: Dirigides               |       |      |                                                                                                               |
| Classes de problemes           | 15    | 0,6  | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 |
| Classes de teoria              | 39    | 1,56 | 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 24, 29, 30                                   |
| Pràctiques de laboratori       | 15    | 0,6  | 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30    |
| Tipus: Supervisades            |       |      |                                                                                                               |
| Tutories                       | 6     | 0,24 | 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 29, 30                        |
| Tipus: Autònomes               |       |      |                                                                                                               |
| Treball individual de l'alumne | 143   | 5,72 | 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30            |

### Avaluació

#### Principis de l'avaluació

L'avaluació s'estructura de manera que els estudiants poden triar un format d'avaluació continuada o un format on la major part del pes de l'avaluació es concentra al final del curs (que també pot servir com a mecanisme de recuperació per a l'avaluació continuada). Això permet que l'alumne adapti el ritme de realització dels elements avaluatius a les seves necessitats i preferències.

#### Elements avaluatius

Hi haurà els següents elements avaluatius:

- Activitats de seguiment
- Pràctiques
- Examen Parcial 1

- Examen Parcial 2
- Examen Recuperació

Les activitats de seguiment (NS) consistiran en la participació a classe, la realització de problemes o tests a classe i/o bé en el lliurament de problemes fora de classe. La nota de seguiment només servirà per pujar nota (màxim del 10%).

La nota de pràctiques (NP) es calcularà a partir dels informes que s'hauran d'entregar a l'inici i/o final de les sessions de pràctiques, del treball i possibles proves que es realitzin durant o després de les sessions, i de possibles entregues addicionals d'exercicis. No és necessari aprovar cada pràctica individualment. La realització de totes les pràctiques de laboratori és obligatòria. Les pràctiques de laboratori són una activitat no recuperable.

L'Examen Parcial 1 (ExP1) es realitzarà aproximadament a la meitat del curs. No allibera matèria per què els continguts d'aquest curs són acumulatius; és a dir, s'han de dominar els primers temes per poder seguir els últims.

L'Examen Parcial 2 (ExP2) es realitzarà aproximadament a la darrera setmana de les activitats presencials (classes teòriques).

L'Examen de Recuperació (ExR) es realitzarà una vegada finalitzades les activitats presencials, durant el període de temps específicament dedicat a exàmens.

Càlcul de la nota final

- Nota d'Avaluació Continuada (AC):  $AC = \max\{0.4 \cdot ExP1 + 0.6 \cdot ExP2, ExP2\}$
- Nota global dels Examens (NE):
- Si no s'ha fet l'avaluació continuada o  $AC < 4.5$ , llavors  $NE = \max\{ExR, AC\}$ .
- Si  $AC \geq 4.5$  i es fa l'examen de recuperació, llavors  $NE = ExR$ .
- Per aprovar és condició necessària que  $NE \geq 4.5$  i que Nota Pràctiques (NP)  $\geq 4.5$ . S'ha d'observar que si  $AC \geq 4.5$ , no cal presentar-se a l'examen de recuperació.
- La Nota de Seguiment (NS) del curs dependrà de la participació activa a les sessions de problemes i/o de l'entrega dels exercicis que es demanin durant el curs. Tindrà un pes del 10% si ajuda a pujar la nota final.
- La Nota Final (NF) de l'assignatura és:
- Si  $NE < 4.5$ ,  $NF = NE$ .
- Si  $NE \geq 4.5$  i  $NP < 4.5$ , llavors  $NF = \min\{4.5, 0.8 \times NE + 0.2 \times NP\}$ .
- Si  $NE \geq 4.5$  i  $NP \geq 4.5$ ,  $NF = \max\{0.8 \times NE + 0.2 \times NP, 0.9 \times (0.8 \times NE + 0.2 \times NP) + 0.1 \times NS\}$
- Per aprovar és necessari que  $NF \geq 5$ .

Les pràctiques s'avaluaran en funció dels informes que s'hauran d'entregar a l'inici i/o final de les sessions de pràctiques, del treball durant a les sessions i de possibles proves addicionals que es realitzin durant les sessions o com a part dels examens. No és necessari aprovar cada pràctica individualment. L'assistència a totes les pràctiques de laboratori és obligatòria.

Alumnes repetidors

Es pot conservar la nota de pràctiques d'anys anteriors. És l'opció que es considera per defecte si no es tornen a fer les pràctiques.

Matrícules d'honor

Atorgar una qualificació de matrícula d'honor és decisió del professorat responsable de l'assignatura. S'atorgaran matrícules d'honor només a estudiants que hagin mostrat un gran nivell d'excel·lència l'assignatura, i no per defecte als que hagin tret les notes més altes. La normativa de la UAB indica que les MH només es podran concedir a estudiants que hagin obtingut una qualificació final igual o superior a 9.00. Es pot atorgar fins a un 5% de MH del total d'estudiants matriculats.

Consideració de "No Avaluable"

La nota final serà "No Avaluable" només quan l'estudiant no es presenti a cap examen, ni els de l'avaluació continuada ni el de recuperació.

Consideració en cas de còpia o 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 proves o informes on l'estudiant hagi comès les irregularitats (e.g. plagi, engany, còpia, el fet de deixar copiar, etc.) que podrien conduir a una variació de la qualificació.

Comunicació

El Campus Virtual serà la plataforma de comunicació amb els/les estudiants.

## Activitats d'avaluació

| Títol                | Pes                                      | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                                                                                      |
|----------------------|------------------------------------------|-------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Activitats Seguiment | Fins a un 10%, si ajuda a pujar la nota. | 1     | 0,04 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30            |
| Examen Parcial 1     | 32 %                                     | 2     | 0,08 | 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 30                    |
| Examen Recuperació   | 80 %                                     | 2     | 0,08 | 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 30                    |
| Examen parcial 2     | 48 %                                     | 2     | 0,08 | 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 30                    |
| Pràctiques           | 20 %                                     | 0     | 0    | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 |

## Bibliografia

Bàsica

- Cover, T. M.; Thomas, J. A. Elements of Information Theory. Wiley, 2nd edition, 2006.
- Proakis, J.; Salehi, M.; Digital Communications. McGraw-Hill, 5th edition, 2008.

Complementària

- Artés Rodríguez, A.; Pérez González, F.; Cid Suero, J.; López Valcarce, R.; Mosquera Nartallo, C.; Pérez Cruz, F.; Comunicaciones Digitales, [http://www.tsc.uc3m.es/~antonio/libro\\_comunicaciones/El\\_libro\\_files/comdig\\_artes\\_perez2.pdf](http://www.tsc.uc3m.es/~antonio/libro_comunicaciones/El_libro_files/comdig_artes_perez2.pdf)
- Ha, T. T., Theory and Design of Digital Communication Systems. Cambridge University Press, 2011.
- Glover, I. A.; Grant, P. M., Digital Communications. Prentice Hall, 3rd edition, 2010.

Avançada

- Proakis, J.; Salehi, M.; Communications Systems Engineering, Prentice-Hall, 2nd edition, 2001.

- Du, K.-L.; Swamy, M. N., *Wireless Communication Systems. From RF Subsystems to 4G Enabling Technologies*. Cambridge University Press, 2010.
- Madhow, U., *Fundamentals of Digital Communication*. Cambridge University Press, 2008.
- Lin, S.; Costello, D. J., *Error Control Coding*. Prentice-Hall, 2nd Edition, 2004.
- Gallager, R. G., *Principles of Digital Communication*. Cambridge University Press, 2008.
- Moon, T. K., *Error Correction Coding: Mathematical Methods and Algorithms*. Wiley-Interscience, 2005.
- Roman, S., *Introduction to Coding and Information Theory*. Springer, 1996
- Abramson, N., *Information Theory and Coding*. McGraw-Hill, 1963.
- Blahut, R., *Algebraic Codes for Data Transmission*. Cambridge University Press, 2003.
- Hamming, R. W., *Coding and Information Theory*. Prentice-Hall, 1980.
- Gitlin, R.D.; Hayes, J.F.; Weinstein, S.B. *Data communications principles*. Plenum Press, 1992.
- Adamec, J., *Foundations of Coding: Theory and Applications of Error-Correcting Codes with an Introduction to Cryptography and Information Theory*. Wiley-Interscience, 1991.
- Sklar, B.; *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, Prentice Hall, 2nd edition, 2001.
- Goldsmith, A.; *Wireless Communications*, Cambridge University Press, 2005.
- Molisch, A. F.; *Wireless Communications*, Wiley, 2nd edition, 2011.

## Programari

Durant les sessions pràctiques es farà ús del programari MATLAB.

Tanmateix, MATLAB s'utilitzarà també com a suport per les classes teòriques i de problemes.