

## Guia docent

### 300037 - CSF - Comunicacions Sense Fil

Última modificació: 31/05/2021

**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).  
GRAU EN ENGINYERIA TELEMÀTICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).  
GRAU EN ENGINYERIA DE SISTEMES AEROESPACIALS (Pla 2015). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI EN TECNOLOGIES AVANÇADES DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2019). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2021      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Català, Castellà, Anglès

#### PROFESSORAT

---

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

**Altres:** Definit a la infoweb de l'assignatura.

#### CAPACITATS PRÈVIES

---

Operativitat amb nombres complexos, matrius, variables i processos aleatoris.  
Anàlisi de senyals y sistemes, analògics i digitals, en el domini temporal i freqüencial.  
Escala lineal i escala logarítmica (dB).  
Coneixements bàsics de comunicacions, antenes, emissors i receptors.

#### COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

---

##### Específiques:

1. CE 21 SIS. Capacidad para construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión. (CIN/352/2009, BOE 20.2.2009)

##### Transversals:

2. APRENTATGE AUTÒNOM - Nivell 2: Dur a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professorat, decidint el temps que cal emprar per a cada tasca, incloent-hi aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.
3. COMUNICACIÓ EFICAÇ ORAL I ESCRITA - Nivell 2: Utilitzar estratègies per preparar i dur a terme les presentacions orals i redactar textos i documents amb un contingut coherent, una estructura i un estil adequats i un bon nivell ortogràfic i gramatical.
4. TERCERA LENGUA: 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 3: Dirigir i dinamitzar grups de treball, resolent-ne possibles conflictes, valorant el treball fet amb les altres persones i avaluant l'efectivitat de l'equip així com la presentació dels resultats generats.
6. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 2: Després d'identificar les diferents parts d'un document acadèmic i d'organitzar-ne les referències bibliogràfiques, dissenyar-ne i executar-ne una bona estratègia de cerca avançada amb recursos d'informació especialitzats, seleccionant-hi la informació pertinent tenint en compte criteris de rellevància i qualitat.

## METODOLOGIES DOCENTS

---

La metodologia utilitzada en l'assignatura es compon d'una combinació d'elements, en els que s'utilitzen tant les classes expositives com les activitats pràctiques en les quals s'inclouen la resolució d'exercicis i problemes dels diferents temes de l'assignatura. Les activitats pràctiques es realitzen en grups d'estudiants, que han de redactar informes que seran avaluats.

L'alumne té a la seva disposició materials didàctics de diferent naturalesa: notes de classe, transparències de contingut teòric, llistat d'exercicis, resultats dels mateixos, documents i bibliografia complementàries, etc.

Les sessions teòriques estan basades en l'explicació formal dels conceptes de difícil comprensió, procurant que el valor afegit de les mateixes sigui la possibilitat d'interactuar amb el professor perquè l'aprenentatge d'aquests conceptes per part de l'estudiant sigui el més sòlid possible. Aquesta interactivitat pretén tenir un caràcter complementari a les referències bibliogràfiques formals i per tant conté elements informals amb l'objectiu d'afavorir el qüestionament, la comprensió i l'establiment dels conceptes bàsics del tema d'una manera més dinàmica, pensant especialment en l'adquisició de nous coneixements i no tant en una referència per a experts en la matèria.

Els estudiants treballen en grups d'un màxim de 3 persones per realitzar les activitats pràctiques i desenvolupar el treball cooperatiu. Els equips han de redactar informes tècnics sobre les activitats realitzades. Aquests informes són comentats en classes posteriors amb l'objectiu de consolidar els conceptes treballats en elles.

En les sessions pràctiques el professor resol exercicis i comenta amb els estudiants les idees i conceptes de base, així com les dificultats que els estudiants hagin trobat en el seu temps d'aprenentatge autònom.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

A l'acabar el curs l'estudiant de Comunicacions Sense Fils ha de ser capaç de:

- Conèixer les característiques principals, usos i funcionalitat dels estàndards de comunicacions ràdio més utilitzats en l'actualitat, així com les tendències de futur i les tècniques en desenvolupament amb perspectives de ser incorporades als estàndards i equips d'ús generalitzat i comercial.
- Conèixer les principals característiques de la regulació dels diferents sistemes de comunicacions per ràdio (radiodifusió, comunicacions mòbils, senyals de posicionament per satèl·lit, enllaços terrestres, etc.)
- Conèixer, dissenyar i triar les tècniques més adequades d'enginyeria per aconseguir la màxima qualitat d'un sistema de comunicacions ràdio: codificació, modulacions diferencials, entrellaçat, equalització de canal, diversitat, repetidors, antenes, etc ..
- Analitzar i dissenyar sistemes de comunicacions ràdio que utilitzin les tècniques descrites en el punt anterior.
- Conèixer i comprendre les principals tècniques d'accés múltiple utilitzades en entorns de radiocomunicacions (TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA). En tots els casos, ha de ser capaç de dimensionar, dissenyar i avaluar un sistema que funcioni amb qualsevol d'aquestes tècniques d'accés.
- Conèixer i comprendre les tècniques de transmissió OFDM (comunicacions multiportadora ortogonals), en particular els seus característiques tècniques, paràmetres, avantatges, limitacions i complexitats. Ser capaç de dimensionar i dissenyar correctament sistemes basats en aquestes tècniques, així com avaluar adequadament els seus paràmetres de rendiment.
- Definir les principals característiques d'un sistema de comunicacions per satèl·lit i fer un balanç de potència per als enllaços ascendent i descendent contemplant l'efecte de la interferència.

Des d'un punt de vista general a manera de síntesi acadèmica, es pot concloure que l'objectiu principal de l'assignatura és aconseguir que l'estudiant adquireixi una visió general dels sistemes de comunicacions sense fil amb el suficient detall tècnic com per poder dissenyar qualsevol sistema que permeti crear qualsevol nou servei basat en aquestes comunicacions o bé millorar l'eficiència de qualsevol procés de qualsevol empresa de qualsevol sector en base a un sistema de comunicacions ràdio.

Cal destacar que en l'actualitat els sistemes de comunicacions sense fil són presents en tots els àmbits de la societat i en tots els sectors empresarials, sense cap restricció. Aquest fet permet que l'enginyer de sistemes de telecomunicació pugui aportar valor afegit a qualsevol empresa, desenvolupament de producte o servei nou o existent. L'assignatura Comunicacions Sense Fils ha d'aportar elements sòlids per al futur enginyer que li permetin realitzar aquestes aportacions amb solvència, i preparar-lo per a l'adquisició contínua de nous coneixements en l'entorn fortament canviant de la tecnologia.

Per tot això, més enllà dels detalls concrets que aporta l'assignatura, l'objectiu fonamental és que l'estudiant assenteix unes bases sòlides de coneixement en la matèria, el que podríem anomenar un bon background sobre el qual estar preparat per a qualsevol repte present o futur. Tot això fa que l'assignatura constitueixi una de les bases fonamentals de la titulació.

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup mitjà	16,0	10.67
Hores activitats dirigides	24,0	16.00
Hores grup gran	26,0	17.33
Hores aprenentatge autònom	84,0	56.00

**Dedicació total:** 150 h

## CONTINGUTS

### Introducció i Regulació

**Descripció:**

Conceptes fonamentals de comunicacions sense fils, àmbits i aplicacions, estàndards, classificació de sistemes, tendències i previsions, tècniques i conceptes innovadors. Descripció bàsica de tècniques avançades com comunicacions cooperatives, Network Coding, les modulacions espacials (Space modulations), Massive MIMO i VLC. Descripció bàsica de les principals característiques de la tecnologia 5G.

Regulació de les comunicacions ràdio, conceptes bàsics de regulació, organismes reguladors, legislació i recomanacions, regulació de mercat, servei universal.

**Activitats vinculades:**

Activitat 1: Estudi de cobertura de serveis bàsics, anàlisi de problemes i proposta de solucions.

Activitat 2: Consulta de regulacions d'un sistema de comunicacions concret. Política de gestió de l'espectre electromagnètic.

**Dedicació:** 12h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 8h

### Modulacions avançades

**Descripció:**

En aquest bloc s'estudien i analitzen les modulacions digitals més adequades per a sistemes de transmissió sense fils, completant l'estudi realitzat en altres assignatures introduint el concepte de modulacions d'envoltant constant i la codificació diferencial. Es realitza una revisió de tots els conceptes fonamentals de teoria del senyal i comunicacions. Es fa èmfasi en conceptes especialment rellevants per a les comunicacions ràdio com la construcció del senyal en banda base, descomposició en components en fase i quadratura, senyals pas banda, constel·lacions, PAPR, ACP, relació entre SNR, BER i eficiència espectral, etc.

**Activitats vinculades:**

Activitat 3: Estudi amb WinIQSim de senyals digitals de radiocomunicacions: anàlisi del PAPR del senyal.

Activitat 4: Estudi amb WinIQSim de senyals digitals: anàlisi de l'ACP del senyal.

Resolució d'exercicis i problemes

**Dedicació:** 20h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 12h



### Tècniques d'Accés Múltiple, espectre eixamplat, CDMA

**Descripció:**

En aquest bloc s'estudien i analitzen les tècniques d'accés múltiple (FDMA, TDMA, CDMA, SDMA, OFDMA) aplicables a sistemes de transmissió sense fils. Es fa especial èmfasi en les tècniques de transmissió de senyals d'espectre eixamplat (FH-CDMA i DS-SS-CDMA). S'estudiarà tota la cadena de transmissió i recepció d'aquest tipus de sistemes, la generació i característiques dels codis d'eixamplament, el disseny, dimensionament i avaluació d'un sistema de transmissió basat CDMA.

**Activitats vinculades:**

Resolució de problemes i exercicis.

**Dedicació:** 28h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 16h

### Igualació de canal

**Descripció:**

En aquest bloc s'explica amb detall la tècnica d'igualació de canal per compensar els efectes de distorsió i ISI que es generen en les transmissions de banda ampla, que apareixen amb més freqüència quan augmenta la necessitat de taxes de transmissió i quan s'utilitzen les tècniques d'eixamplament espectral explicades en el tema anterior. Es descriuen els diferents tipus de igualadors de canal, l'algoritme LMS i es realitza el disseny, càlcul de coeficients i anàlisi de rendiment d'alguns tipus de igualadors.

**Activitats vinculades:**

Resolució de problemes i exercicis.

**Dedicació:** 26h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 16h

### Tècniques de transmissió multiportadora, OFDM

**Descripció:**

En aquest bloc s'estudien en profunditat les tècniques de transmissió multiportadora, centrant l'estudi en la tècnica de transmissió OFDM, així com en la modulació DMT. Es descriuran tots els detalls teòrics i les característiques d'implementació en sistemes reals. S'inclouen els mecanismes d'adaptació dinàmica i l'algoritme de bitloading anomenat water filling. Aquesta tècnica es presenta com una alternativa d'alta eficiència als igualadors de canal per poder utilitzar senyals de banda ampla sense patir els efectes de distorsió i ISI deguts a les limitacions d'ample de banda de coherència de canal.

**Activitats vinculades:**

Resolució de problemes i exercicis

**Dedicació:** 40h

Grup gran/Teoria: 10h

Grup petit/Laboratori: 8h

Aprenentatge autònom: 22h



### Tècniques d'Enginyeria Radio

**Descripció:**

En aquest bloc s'estudien i analitzen algunes de les tècniques més utilitzades en sistemes de comunicacions sense fils per combatre els efectes nocius del canal ràdio, com són la codificació de canal, les tècniques de retransmissió híbrides (HARQ), el Soft Combining, les tècniques de transmissió de redundància incremental i els esquemes de entrellaçat.

**Activitats vinculades:**

Activitat 5: Estudi dels efectes de la propagació multicamí en senyals de radiofreqüència.

Resolució d'exercicis y problemes

**Dedicació:** 17h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 12h

### Radioenllaços terrestres

**Descripció:**

En aquest bloc es proporciona una descripció dels principis de funcionament dels radioenllaços digitals punt a punt emprant diferents tecnologies i els sistemes de radiodifusió de senyals d'àudio i televisió. En tots els casos s'analitzaran els principals paràmetres de disseny de l'enllaç, link budget, serveis i tipus de dades que es transmeten i els càlculs de capacitat. Es fa també una introducció a les xarxes de sensors sense fils.

**Activitats vinculades:**

Resolució d'exercicis i problemes.

**Dedicació:** 7h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 4h

## ACTIVITATS

### Estudi de cobertura de serveis bàsics, anàlisi de problemes i proposta de solucions.

**Descripció:**

Estudi de cobertura de serveis bàsics, anàlisi de problemes i proposta de solucions.

**Dedicació:** 3h

Aprenentatge autònom: 3h

### Consulta de regulacions d'un sistema de comunicacions concret. Política de gestió de l'espectre electromagnètic

**Descripció:**

Consulta de regulacions d'un sistema de comunicacions concret. Política de gestió de l'espectre electromagnètic

**Dedicació:** 3h

Aprenentatge autònom: 3h



#### Estudi amb WinIQSim de senyals digitals de radiocomunicacions: anàlisi de l'PAPR del senyal.

**Descripció:**

Estudi amb WinIQSim de senyals digitals de radiocomunicacions: anàlisi de l'PAPR del senyal.

**Dedicació:** 5h

Aprenentatge autònom: 5h

#### Estudi amb WinIQSim de senyals digitals: anàlisi de l'ACP del senyal

**Descripció:**

Estudi amb WinIQSim de senyals digitals: anàlisi de l'ACP del senyal

**Dedicació:** 5h

Aprenentatge autònom: 5h

#### Estudi dels efectes de la propagació multicamí en senyals de radiofreqüència.

**Descripció:**

Estudi dels efectes de la propagació multicamí en senyals de radiofreqüència.

**Dedicació:** 5h

Aprenentatge autònom: 5h

#### Control sobre igualadors de canal

**Descripció:**

L'alumne haurà de realitzar un control on se li demanarà que demostrï els coneixements que hauria d'haver adquirit en les classes de teoria i problemes previs al control.

**Lliurament:**

El seu pes es del 15 % sobre la qualificació final.

**Dedicació:** 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h 30m

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Exàmens: 50%. Dos exàmens, de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

Control: 15%

Activitat pràctiques en grup: 30%

Actitud i participació: 5%

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

La realització i entrega de les activitats es obligatòria per poder aprovar l'assignatura.



## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Sallent Roig, Oriol; Valenzuela González, José Luís; Agustí Comes, Ramon. Principios de comunicaciones móviles [en línia]. Barcelona: Edicions UPC, 2003 [Consulta: 15/04/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36768>. ISBN 8483017156.
- Artés Rodríguez, A.. Comunicaciones digitales. Madrid: Prentice Hall, 2007. ISBN 9788483223482.
- Hernando Rábanos, José María. Transmisión por radio. 6a ed.. Madrid: Centro de Estudios Ramon Areces, 2008. ISBN 9788480048569.
- Goldsmith, Andrea. Wireless communications. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2005. ISBN 9780521837163.
- Viterbi, Andrew J.. CDMA : principles of spread spectrum communication. Reading, MA: Addison-Wesley, cop. 1995. ISBN 0201633744.
- Yang, Lie-Liang. Multicarrier communications. West Sussex, UK: Wiley, 2009. ISBN 9780470722008.

## RECURSOS

---

### Altres recursos: