

## Guia docent

### 230253 - LCM - Laboratori de Comunicacions Mòbils

Última modificació: 29/04/2020

**Unitat responsable:** Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona  
**Unitat que imparteix:** 739 - TSC - Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA DE SISTEMES DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2010). (Assignatura optativa).  
GRAU EN CIÈNCIES I TECNOLOGIES DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2010). (Assignatura optativa).  
GRAU EN ENGINYERIA DE TECNOLOGIES I SERVEIS DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2015). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2020      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Anglès, Castellà, Català

#### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** RAMON FERRÚS

**Altres:** ANNA UMBERT JULIANA  
JORDI PÉREZ-ROMERO

#### CAPACITATS PRÈVIES

---

Fonaments de radiocomunicacions i de comunicacions mòbils cel·lulars.

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

---

##### Genèriques:

10 ECI N2. Coneixement de la instrumentació i experimentació: Espavilar-se de forma competent en un entorn de laboratori de l'àmbit TIC. Utilitzar instrumentació i eines pròpies de les enginyeries de telecomunicació i electrònica i interpretar-ne els manuals i especificacions. Avaluar els errors i les limitacions associats a les mesures i resultats de simulacions.

#### METODOLOGIES DOCENTS

---

L'assignatura es desenvolupa mitjançant la realització d'activitats pràctiques de forma presencial en el laboratori, complementades amb la realització d'activitats de preparació d'estudis previs i l'elaboració dels informes de final de pràctica corresponents.

Per cada bloc de continguts, el professor proporcionarà la documentació i les referències necessàries per permetre a l'alumne adquirir el nivell de coneixements necessari pel correcte desenvolupament de les sessions pràctiques. Amb aquest material, l'estudiant haurà de realitzar un estudi previ segons un model que es proporcionarà per cada pràctica. Les sessions pràctiques es realitzaran en grups de 2 o 3 persones. En les sessions pràctiques, es plantejaran activitats dirigides a desenvolupar la capacitat de realitzar simulacions o experiments i avaluar-ne els resultats, comparar resultats teòrics amb pràctics i avaluar-ne les prestacions en entorns reals. Un cop finalitzat cada bloc de continguts pràctics, els estudiants hauran de realitzar i presentar una memòria dels treballs duts a terme en el laboratori.

- Classes expositives.
- Classes de laboratori.
- Treball individual (no presencial)
- Exercicis.
- Proves de resposta curta.
- Altres activitats.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Coneixement i aprenentatge d'eines i equips emprats en l'àmbit dels sistemes de comunicacions mòbils:

- Eines informàtiques per la simulació de la capa física de sistemes de comunicacions mòbils.
- Eines informàtiques per la planificació, disseny i anàlisi de prestacions de sistemes de comunicacions mòbils.
- Equips de test de RF i protocols de terminals mòbils.
- Xarxes privades experimentals amb equips SDR
- Eines de "drive testing" per l'anàlisi del funcionament de xarxes de comunicacions mòbils.

Mitjançant l'ús de les anteriors eines:

- Adquirir un coneixement pràctic del funcionament de les principals tecnologies i sistemes de comunicacions mòbils.
- Desenvolupar la capacitat per identificar, analitzar i resoldre problemes d'enginyeria en el context dels sistemes de comunicacions mòbils.
- Desenvolupar la capacitat de realitzar simulacions o experiments i avaluar-ne els resultats, comparar resultats teòrics amb pràctics i avaluar prestacions en entorns controlats o reals de sistemes de comunicacions ràdio.

## HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	98,0	65.33
Hores grup gran	13,0	8.67
Hores grup petit	39,0	26.00

**Dedicació total:** 150 h

## CONTINGUTS

### 1. Introducció i conceptes previs per a la realització de les pràctiques

**Descripció:**

Introducció als sistemes de comunicacions mòbils. Tecnologies i estàndards. Sector de les comunicacions mòbils. Conceptes bàsics i punt de partida per a la realització de les pràctiques.

**Objectius específics:**

Conèixer les principals característiques dels sistemes de comunicacions mòbils.

**Activitats vinculades:**

Classes de teoria.

**Competències relacionades:**

10 ECI N2. Coneixement de la instrumentació i experimentació: Espavilar-se de forma competent en un entorn de laboratori de l'àmbit TIC. Utilitzar instrumentació i eines pròpies de les enginyeries de telecomunicació i electrònica i interpretar-ne els manuals i especificacions. Avaluar els errors i les limitacions associats a les mesures i resultats de simulacions.

**Dedicació:** 12h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 8h



## 2. Pràctiques de generació de senyals LTE y anàlisi de prestacions amb MATLAB LTE Toolbox

### Descripció:

En aquesta pràctica es treballa la simulació, l'anàlisi i la caracterització de prestacions de la tecnologia LTE mitjançant MATLAB. S'estudia l'estructura de temps-freqüència del senyal LTE, els canals físics y senyals de referència, modelat del canal de propagació, modes d'operació FDD/TDD, modes de transmissió multi-antena (Transmit Diversity, Spatial Multiplexing) y mecanismes d'adaptació de l'enllaç (Link Adaptation).

### Objectius específics:

Els objectius d'aprenentatge son:

- Adquirir un coneixement detallat de les tecnologies de transmissió i recepció de ràdio utilitzades a les xarxes mòbils 4G / LTE
- Simular, analitzar i realitzar proves de prestacions de la capa física de LTE mitjançant eines de simulació.

### Activitats vinculades:

Pràctica de generació de senyals LTE y anàlisi de prestacions amb MATLAB LTE Toolbox

### Competències relacionades:

10 ECI N2. Coneixement de la instrumentació i experimentació: Espavilar-se de forma competent en un entorn de laboratori de l'àmbit TIC. Utilitzar instrumentació i eines pròpies de les enginyeries de telecomunicació i electrònica i interpretar-ne els manuals i especificacions. Avaluar els errors i les limitacions associats a les mesures i resultats de simulacions.

### Dedicació: 24h

Grup petit/Laboratori: 8h

Aprenentatge autònom: 16h

## 3. Pràctiques de planificació i dimensionat de xarxes mòbils

### Descripció:

Introducció a la planificació i al dimensionat de sistemes mòbils 4G/5G. Inclou la configuració d'un desplegament de xarxa (ubicació antenes, característiques dels equips de transmissió i recepció), models de propagació de ràdio, caracterització de serveis, mobilitat i terminals, configuració de cel·les veïnes, freqüències i identificadors de cel·la, utilització de mapes de tràfic, càlcul de prediccions de cobertura, capacitat i qualitat del servei. Es realitzen comparatives de prestacions per tipus de servei, impacte en la planificació de les estratègies de gestió de recursos de ràdio (ICIC, uplink power control, scheduling policy) i impacte de la canalització i banda d'operació.

### Objectius específics:

Conèixer els passos a seguir i aprendre a dimensionar i planificar sistemes de comunicacions mòbils.

### Activitats vinculades:

Planificació de xarxa 4G/5G amb l'eina comercial de planificació i avaluació de xarxes ATOLL.

### Competències relacionades:

10 ECI N2. Coneixement de la instrumentació i experimentació: Espavilar-se de forma competent en un entorn de laboratori de l'àmbit TIC. Utilitzar instrumentació i eines pròpies de les enginyeries de telecomunicació i electrònica i interpretar-ne els manuals i especificacions. Avaluar els errors i les limitacions associats a les mesures i resultats de simulacions.

### Dedicació: 36h

Grup petit/Laboratori: 12h

Aprenentatge autònom: 24h



#### 4. Pràctiques de monitorització de xarxes operatives amb eines de drive testing

**Descripció:**

Aprenentatge de les capacitats i ús d'una eina comercial de drive testing per la monitorització d'una xarxa d'un operador comercial al Campus Nord. Es fan proves que abarquen l'accés 2G, 3G i 4G de les xarxes actuals. Es mesuren nivells de senyal a diferents localitzacions del Campus i s'analitzen KPI de serveis de veu i d'accés a Internet.

**Objectius específics:**

Aprendre a monitoritzar xarxes mòbils reals.

**Activitats vinculades:**

Monitorització i estudis de prestacions d'una xarxa comercial amb l'eina de Drive Test QualiPoc i l'eina de post-processat de mesures NQView de Rohde Schwarz.

**Competències relacionades:**

10 ECI N2. Coneixement de la instrumentació i experimentació: Espavilar-se de forma competent en un entorn de laboratori de l'àmbit TIC. Utilitzar instrumentació i eines pròpies de les enginyeries de telecomunicació i electrònica i interpretar-ne els manuals i especificacions. Avaluar els errors i les limitacions associats a les mesures i resultats de simulacions.

**Dedicació:** 24h

Grup petit/Laboratori: 8h

Aprenentatge autònom: 16h

#### 5. Pràctiques amb equips de test de radiocomunicacions

**Descripció:**

Estudi dels paràmetres de capa física i dels procediments de senyalització amb terminals mòbils i equips de test de radiocomunicacions. S'analitza l'estructura temporal de les senyals, espectre i utilització dels recursos (slots, codis). Es fan mesures d'interferència en canal adjacent i taxes d'error en el bit. S'estudien diferents configuracions de serveis en els terminals. S'analitza el comportament de diferents mecanismes (frequency hopping, attach/detach, handover).

**Objectius específics:**

Conèixer i aprendre a caracteritzar i mesurar els paràmetres de nivell físic de diferents tecnologies d'accés així com també la senyalització involucrada.

**Activitats vinculades:**

Mesures de les prestacions de telèfons mòbils comercials amb l'equip HP / Agilent 8922.

Mesures de les prestacions de telèfons mòbils comercials amb l'equip CMU-200 de Rhode&Schwarz.

**Competències relacionades:**

10 ECI N2. Coneixement de la instrumentació i experimentació: Espavilar-se de forma competent en un entorn de laboratori de l'àmbit TIC. Utilitzar instrumentació i eines pròpies de les enginyeries de telecomunicació i electrònica i interpretar-ne els manuals i especificacions. Avaluar els errors i les limitacions associats a les mesures i resultats de simulacions.

**Dedicació:** 30h

Grup petit/Laboratori: 10h

Aprenentatge autònom: 20h



## 6. Pràctiques amb un xarxa privada experimental 4G/5G

### Descripció:

En aquesta pràctica es treballa amb una xarxa privada experimental LTE que permet fer proves funcionals i de prestacions de terminals convencionals. La xarxa LTE, implementada amb l'equip OTS 100 de Amarisoft, està operativa en el laboratori D4-115 del Grup de Recerca de Comunicacions Mòbils (GRCM). La pràctica pretén que l'estudiant conegui aquest tipus d'equipament experimental que, en el cas de l'equip en qüestió, permet testejar, a més de LTE, tecnologies per comunicacions IoT (LTE-M, NB-IoT) i tecnologies 5G (configuracions E-UTRAN New Radio – Dual Connectivity [EN-DC]).

### Objectius específics:

Els objectius de les activitats pràctiques són:

- Conèixer el funcionament de l'OTS 100 i les eines de configuració i monitorització de les que disposa.
- Estudiar el funcionament d'una xarxa LTE operativa a partir de l'anàlisi de procediments de senyalització i de la monitorització de mesures i estadístiques.
- Realitzar proves que permetin caracteritzar les prestacions que es poden aconseguir amb diferents configuracions i condicions d'operació de la xarxa LTE, incloent configuracions amb diferents modes de duplexat (FDD o TDD), l'ús de diferents bandes i canalitzacions freqüencials, l'ús de mecanismes d'agregació de portadora (Carrier Aggregation) i transmissió multiantena MIMO 2x2, execució de procediments de handover entre cel·les, mecanismes de QoS i provisió de serveis de veu sobre LTE (anomenats com VoLTE).

### Activitats vinculades:

Pràctica per la configuració i operació d'una xarxa privada LTE amb l'equip de test Amarisoft OTS 100

### Competències relacionades:

10 ECI N2. Coneixement de la instrumentació i experimentació: Espavilar-se de forma competent en un entorn de laboratori de l'àmbit TIC. Utilitzar instrumentació i eines pròpies de les enginyeries de telecomunicació i electrònica i interpretar-ne els manuals i especificacions. Avaluar els errors i les limitacions associats a les mesures i resultats de simulacions.

**Dedicació:** 24h

Grup petit/Laboratori: 8h

Aprenentatge autònom: 16h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota final de l'assignatura s'obté a partir de la qualificació d'avaluació continuada (treballs proposats pel professor al llarg del curs i pràctiques de laboratori) i de l'examen final, segons el següent criteri:

Examen final, assistència i actitud mostrada a classe: 25%

Exercicis (Estudis previs): 15 %

Pràctiques de laboratori (Informes finals): 60 %

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

La presentació dels estudis previs serà un requisit indispensable per poder dur a terme les sessions pràctiques.

Durant les sessions pràctiques, s'hauran d'emplenar qüestionaris que permetin valorar el progrés en el treball. L'informe final es presentarà una vegada finalitzada la sessió pràctica.



## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Hernando, J.M. (Coord.). Comunicaciones móviles GSM y GPRS. Alcobendas: Fundación Vodafone España, 2007. ISBN 84-934740-1-0.
- Holma, H.; Toskala, A. WCDMA for UMTS - HSPA evolution and LTE. 5th ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. ISBN 9780470686461.
- R. Agustí, F. Bernardo Álvarez, F. Casadevall, R. Ferrús, J. Pérez, O. Sallent. LTE: nuevas tendencias en comunicaciones móviles [en línea]. [S.l.]: Fundación Vodafone, 2010 Disponible a: [http://www.fundacionvodafone.es/sites/default/files/libro\\_lte.pdf](http://www.fundacionvodafone.es/sites/default/files/libro_lte.pdf). ISBN 8493474045.
- Sallent Roig, O.; Pérez Romero, J. Fundamentos de diseño y gestión de sistemas de comunicaciones móviles celulares [en línea]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica, 2014 [Consulta: 25/06/2015]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36630>. ISBN 9788498804812.

### Complementària:

- Lee, W.C.Y. Mobile communications design fundamentals [en línea]. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1993 [Consulta: 21/09/2020]. Disponible a: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470930427>. ISBN 0471574465.
- Sallent, O.; Valenzuela, J.L.; Agustí, R. Principios de comunicaciones móviles [en línea]. Barcelona: Edicions UPC, 2003 [Consulta: 10/03/2015]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36768>. ISBN 84-8301-715-6.
- Pérez-Romero, J.; Sallent, O.; Agustí, R.; Díaz-Guerra, M.A. Radio resource management strategies in UMTS. Chichester: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 0470022779.
- Laiho, J.; Wacker, A.; Novosad, T. Radio network planning and optimisation for UMTS. 2nd. ed. Chichester: John Wiley & sons, 2006. ISBN 0470015756.

## RECURSOS

---

### Altres recursos:

Manuais d'usuari dels equips i programes utilitzats al laboratori en ATENEA