



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Sist. de  
Telecom.

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**595010342 - Mobile Communications**

### PLAN DE ESTUDIOS

59SC - Grado En Ingeniería De Sistemas De Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	595010342 - Mobile Communications
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Inglés/Castellano
<b>Titulación</b>	59SC - Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	59 - E.T.S. De Ingeniería Y Sist. De Telecom.
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Antonio Perez Yuste (Coordinador/a)	D8304	antonio.perez@upm.es	Sin horario.
Pedro Garcia Del Pino	D8210	pedro.gdelpino@upm.es	Sin horario.
Juan Anton Moreno Garcia- Loygorri	D8418	juan.moreno.garcia- loygorri@upm.es	Sin horario.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Falcon Darias, Felix Alejandro	f.fdarias@alumnos.upm.es	Perez Yuste, Antonio

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Teoria De La Comunicacion
- Transmision Y Propagacion De Ondas
- Sistemas De Telecomunicacion

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Search of technical information: databases, standards, papers, etc.
- Operation of RF instrumentation
- Measurement procedures and characterization methods
- Use of RF Software: MATLAB

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE B3 - Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

CE SC02 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.

CE SC05 - Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias.

CE SC07 - Capacidad para realizar proyectos en el ámbito de las tecnologías específicas de la Ingeniería de Telecomunicación, de naturaleza profesional en que se sintetizan e integran las competencias adquiridas en las enseñanzas.

CE TEL01 - Capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.

CE TEL16 - Conocimiento de la normativa y la regulación de las telecomunicaciones en los ámbitos nacional, europeo e internacional.

CG 02 - Capacidad de búsqueda y selección de información, de razonamiento crítico y de elaboración y defensa de argumentos dentro del área.

CG 04 - Capacidad de abstracción, de análisis y de síntesis y de resolución de problemas.

CG 05 - Capacidad de trabajo en equipo y en entornos multidisciplinares.

CG 10 - Capacidad para manejar especificaciones, reglamentos y normativas y la aplicación de las mismas en el desarrollo de la profesión.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA285 - Utilización de los procedimientos y técnicas de medida y caracterización de estos sistemas y de los elementos de comunicaciones implicados

RA284 - Diseño y planificación de redes y sistemas de comunicaciones móviles

RA281 - Cálculo de los balances de enlace y de la calidad de los sistemas de Comunicaciones Móviles

RA282 - Descripción y comparación de los principales sistemas digitales de comunicaciones móviles europeos (TETRA, GSM/GPRS, UMTS, LTE), incluidas la arquitectura, servicios, interfaces, las diferentes capas y en especial la correspondiente al interfaz radio

RA283 - Análisis de la estructura de ráfagas y tramas y de los procedimientos de codificación y modulación utilizados

RA280 - Análisis y simulación del canal móvil y de los modelos de propagación

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

This course is intended for senior undergraduate students in telecommunication systems engineering who wish to get acquainted with the state of the art on both modern mobile communication systems, like LTE and 5G, and broadband wireless data networks, like WiFi, Bluetooth, or UWB.

Fundamental concepts of cellular systems, mobile wireless channel, and wireless networks and systems will be examined. A number of practical abilities will be developed through some hands-on guided activities.

**Keywords:** Mobile Communications, Wireless Communications, LTE, E-UTRAN, 5G, NR, WLAN, WiFi, Bluetooth, UWB

### 5.2. Temario de la asignatura

1. T1. Introduction to wireless communications
  - 1.1. Introduction
  - 1.2. The wireless virtues
  - 1.3. The radio spectrum
  - 1.4. Roadmap of mobile communications
  - 1.5. Roadmap for wireless networks
  - 1.6. The wireless market figures
  - 1.7. Standardization bodies
2. W1. Wireless spectrum for mobile communications in Spain
  - 2.1. Public land mobile networks (PLMN)
  - 2.2. Frequency bands for mobile services in Spain
  - 2.3. Channeling and bandwidth
  - 2.4. Frequency bands and technologies for user equipment
  - 2.5. Site monitoring

- 2.6. Energy consumption of user equipment
- 3. T2. Cellular systems foundations
  - 3.1. Introduction
  - 3.2. Duplexing and multiple access
  - 3.3. Traffic and grade of service
  - 3.4. The cellular concept
  - 3.5. Frequency reuse and cluster formation
  - 3.6. Handover strategies
  - 3.7. Co-channel and adjacent-channel interferences
  - 3.8. Signal-to-Interference Ratio (SIR)
- 4. T3. The wireless channel
  - 4.1. Introduction
  - 4.2. Impairments of the wireless channel
  - 4.3. Path loss exponent
  - 4.4. Shadowing
  - 4.5. Fast fading
  - 4.6. Delay spread and coherence bandwidth
  - 4.7. Doppler shift and coherence time
  - 4.8. Input/Output model of the wireless channel
- 5. W2. Radio planning using XIRIO
  - 5.1. Introduction to Xirio online
  - 5.2. BS parameters
  - 5.3. UE parameters
  - 5.4. Case study: LTE radio coverage of a base station
- 6. T4. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE
  - 6.1. Releases and general specifications
  - 6.2. Overall architecture
  - 6.3. Physical transmission resources
  - 6.4. Physical channels and signals

- 6.5. Radio resources management
- 6.6. Multi-antenna techniques
- 6.7. Planning of the LTE radio network
- 6.8. LTE Advanced
- 7. L1. LTE Vienna Simulator
  - 7.1. Effect of the channel-dependent scheduler in LTE transmission
  - 7.2. Throughput and spectral efficiency in different scenarios
  - 7.3. Transmission modes in LTE downlink transmission
- 8. T5. The road to 5G
  - 8.1. Overall system overview
  - 8.2. Technology components
  - 8.3. 5G Architecture
  - 8.4. Use of mm-wave frequencies
  - 8.5. New radio (NR)
  - 8.6. Performance
- 9. T6. Broadband wireless data networks
  - 9.1. General features of a wireless data network
  - 9.2. Wireless Local Area Networks: IEEE 802.11 (WiFi)
  - 9.3. Wireless Personal Area Networks: IEEE 802-15 (Bluetooth, UWB)
- 10. L2. WiFi measurements with Ekahau
  - 10.1. Introduction to Ekahau
  - 10.2. Site survey routine
  - 10.3. Testing of WiFi access points
  - 10.4. WiFi spectrum analysis
  - 10.5. Troubleshooting
- 11. T7. Closing conference and final survey
  - 11.1. Invited talk
  - 11.2. Final survey

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>T1. Introduction to wireless communications</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>W1. Wireless spectrum measurements</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		<p><b>T1. Introduction to wireless communications</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p> <p><b>W1. Wireless spectrum measurements</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:00</p>
2	<p><b>T2. Cellular systems foundations</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>T2. Cellular systems foundations</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p><b>T2. Cellular systems foundations</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>T3. The wireless channel</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>T2. Cellular systems</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
4	<p><b>T3. The wireless channel</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>T3. The wireless channel</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
5	<p><b>T3. The wireless channel</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>W2. Radio planning using XIRIO</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		<p><b>T3. The wireless channel</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p> <p><b>W2. Radio planning using Xirio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:00</p>

6	<p><b>T4. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>T4. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p><b>T4. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>T4. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>T4. 4G-LTE</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
8		<p><b>L1. LTE Vienna Simulator</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>L1. LTE Vienna Simulator</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>L1. LTE Vienna Simulator</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:00</p>
9	<p><b>T5. The road to 5G</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>T5. The road to 5G</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>T5. The road to 5G</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
10	<p><b>T6. Broadband wireless data networks</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>T6. Broadband wireless data networks</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>T6. Broadband wireless data networks</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>L2. WiFi measurements with Ekahau</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>T6. Broadband wireless data networks</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p> <p><b>L2. WiFi Measurements with Ekahau</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:00</p>
12	<p><b>T8. Closing conference and survey</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			

13				
14				
15				
16				
17				<b>E1. Evaluación global de la parte de teoría para los alumnos que hayan superado todas las prácticas anteriores durante el curso</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	T1. Introduction to wireless communications	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	5%	5 / 10	CE B3 CE TEL16 CG 02 CG 04
1	W1. Wireless spectrum measurements	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE SC05 CE TEL16 CG 05 CG 10
3	T2. Cellular systems	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE SC05 CE TEL01 CG 04
5	T3. The wireless channel	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	10%	5 / 10	CE B3 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 04 CG 10
5	W2. Radio planning using Xirio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE SC05 CE SC07 CE TEL01 CG 02 CG 05
7	T4. 4G-LTE	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 04 CG 10

8	L1. LTE Vienna Simulator	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	18%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CE TEL01 CG 04 CG 10
9	T5. The road to 5G	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	5%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 10
11	T6. Broadband wireless data networks	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE TEL16 CG 04 CG 10
11	L2. WiFi Measurements with Ekahau	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	12%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE SC05 CG 02 CG 04 CG 05 CG 10

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	W1. Wireless spectrum measurements	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE SC05 CE TEL16 CG 05 CG 10
5	W2. Radio planning using Xirio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE SC05 CE SC07 CE TEL01 CG 02 CG 05
8	L1. LTE Vienna Simulator	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	18%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CE TEL01 CG 04 CG 10
11	L2. WiFi Measurements with Ekahau	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	12%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE SC05 CG 02 CG 04 CG 05 CG 10

17	E1. Evaluación global de la parte de teoría para los alumnos que hayan superado todas las prácticas anteriores durante el curso	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE SC05 CE SC07 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 04 CG 05 CG 10
----	---	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	--

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
La evaluación extraordinaria consistirá en un examen teórico más la realización de tres actividades prácticas de laboratorio.	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE SC05 CE SC07 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 04 CG 05 CG 10

## 7.2. Criterios de evaluación

Depending on the number of enrolled students, it might be necessary to create two lab groups (A and B), with a different schedule. In the chronogram and assessment shown above only one group is shown.

Attending to theory and lab classes is mandatory. There will be a regular check every day so a missing rate over 15% will be penalised.

Theoretical contents will be assessed in a progressive and continuous way, throughout the course, by means of on-line quizzes in the Moodle platform. The weight for this part is 50%. Minimum grade required to pass is 5 points out of 10.

Practical contents will be assessed in a progressive and continuous way, throughout the course, by means of workshops and lab activities. Students must prepare and submit a report for every one. The weight for this part is 50%: 20% for workshops, and 30% for lab activities. Minimum grade required to pass is 5 points out of 10. Practical contents are considered as "not-recovered activities", that is, they cannot be evaluated in a final global final exam.

In case of students who don't follow the progressive and continuous evaluation, they have the option to receive a global final exam about the theoretical contents, but only whenever they previously had done and successfully passed the practical activities. The final grade will be obtained as the weighted average of the global final exam (50%) and the practical activities (50%).

Students who pass neither the progressive evaluation nor the global final exam, might receive an extraordinary exam, including both theoretical and practical contents. This will be given the day referred in the official calendar of extraordinary exams. The extraordinary exam will consist of a first qualifying theoretical part which is mandatory to be passed in order to take, next, the practical part. If so, this last one will consist of three activities to be carried out on-site. Both parts must be passed independently and the final grade will be obtained as a simple arithmetic mean.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Course slides	Recursos web	Plataforma Teleenseñanza Moodle
Laboratory scripts	Recursos web	Plataforma Teleenseñanza Moodle
3GPP	Recursos web	The 3rd Generation Partnership Project, <a href="http://www.3gpp.org/">http://www.3gpp.org/</a>
IEEE 802.11	Recursos web	IEEE 802.11 wireless local area networks standards: <a href="http://www.ieee802.org/11/">http://www.ieee802.org/11/</a>
Lab facilities of Telecommunication Systems	Equipamiento	6 puestos de laboratorio de Sistemas de Telecomunicación/Radiocomunicación (Fuente de alimentación, Generador de señales digitales, Generador de RF, Osciloscopio y Analizador de espectros) y otro equipamiento adicional
Lab computers of Telecommunication Systems	Equipamiento	12 puestos con ordenador. Matlab y Software para análisis, simulación y cálculo de sistemas de comunicaciones móviles. Software Ekahau y Sidekick para medidas.
Cox, C.	Bibliografía	An Introduction to LTE, John Wiley & Sons, West Sussex, UK, 2012.
Cox C.	Bibliografía	An Introduction to 5G. The New Radio, 5G Network and Beyond, Ed. John Wiley & Sons, 2021
Dahlman, E., et al.	Bibliografía	4G, LTE-Advanced Pro and The Road to 5G, 3ª ed., Academic Press, 2016
Dahlman, E. et al.	Bibliografía	5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology. Academic Press, 2018

Du, K.L and Swamy, M.N.S.	Bibliografía	Wireless Communication Systems, Cambridge University Press, New York, 2010
Rappaport, T. S.	Bibliografía	Wireless Communications: Principles and Practice, Ed. Prentice-Hall, 2nd ed, 2002

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura