



POLITÉCNICA

INTERNATIONAL
CAMPUS OF
EXCELLENCE

COORDINATION PROCESS OF
LEARNING ACTIVITIES
PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Sistemas
de Telecomunicación

ANX-PR/CL/001-01

LEARNING GUIDE

SUBJECT

595010342 - Mobile Communications

DEGREE PROGRAMME

59SC - Grado En Ingeniería De Sistemas De Telecomunicación

ACADEMIC YEAR & SEMESTER

2022/23 - Semester 1

Index

Learning guide

1. Description.....	1
2. Faculty.....	1
3. Prior knowledge required to take the subject.....	2
4. Prior knowledge recommended to take the subject.....	2
5. Skills and learning outcomes	3
6. Brief description of the subject and syllabus.....	4
7. Schedule.....	8
8. Activities and assessment criteria.....	11
9. Teaching resources.....	15
10. Other information.....	16

1. Description

1.1. Subject details

Name of the subject	595010342 - Mobile Communications
No of credits	4.5 ECTS
Type	Optional
Academic year of the programme	Fourth year
Semester of tuition	Semester 7
Tuition period	September-January
Tuition languages	English
Degree programme	59SC - Grado en Ingenieria de Sistemas de Telecomunicacion
Centre	59 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieria Y Sistemas De Telecomunicacion
Academic year	2022-23

2. Faculty

2.1. Faculty members with subject teaching role

Name and surname	Office/Room	Email	Tutoring hours *
Juan Anton Moreno Garcia-Loygorri	D8418	juan.moreno.garcia-loygorri@upm.es	Sin horario.
Antonio Perez Yuste (Subject coordinator)	D8304	antonio.perez@upm.es	Sin horario.
Pedro Garcia Del Pino	D8210	pedro.gdelpino@upm.es	Sin horario.

* The tutoring schedule is indicative and subject to possible changes. Please check tutoring times with the faculty member in charge.

3. Prior knowledge required to take the subject

3.1. Prerequisite (passed) subjects

- Sistemas de Radiocomunicacion
- Sistemas de Telecomunicacion

3.2. Other required learning outcomes

The subject - other required learning outcomes, are not defined.

4. Prior knowledge recommended to take the subject

4.1. Recommended (passed) subjects

- Transmision Y Propagacion De Ondas
- Teoria De La Comunicacion

4.2. Other recommended learning outcomes

- RF instrumentation handling
- Technical information management
- MATLAB and Simulink programming
- Measurement procedures and characterization methods

5. Skills and learning outcomes *

5.1. Skills to be learned

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.

5.2. Learning outcomes

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

* The Learning Guides should reflect the Skills and Learning Outcomes in the same way as indicated in the Degree Verification Memory. For this reason, they have not been translated into English and appear in Spanish.

6. Brief description of the subject and syllabus

6.1. Brief description of the subject

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

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, 3G, LTE, 4G, 5G, WLAN, WiFi, Bluetooth

6.2. Syllabus

1. T1. Introduction to wireless communications
 - 1.1. Introduction
 - 1.2. The wireless virtues
 - 1.3. The radio spectrum
 - 1.4. Roadmap of cellular 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
 - 2.2. Frequency bands for mobile services
 - 2.3. Channeling and bandwidth
 - 2.4. Frequency bands and technologies for user equipment
 - 2.5. Case study: 5G deployment in Spain
3. T2. Cellular systems foundations
 - 3.1. Introduction
 - 3.2. Traffic capacity and grade of service
 - 3.3. The cellular concept
 - 3.4. Frequency reuse and cluster formation
 - 3.5. Handover strategies
 - 3.6. Co-channel and adjacent-channel interferences
 - 3.7. 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: radio coverage computation
- 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 a 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. Spectrum for 5G
 - 8.3. New radio (NR)
 - 8.4. Multi-antenna techniques: beam forming, massive MIMO
- 9. T6. Broadband wireless data networks
 - 9.1. General features of a wireless data network

9.2. Wireless local area networks: IEEE 802.11

9.3. Wireless Personal Area Networks: Bluetooth, Zigbee, LoRa

9.4. Wireless body area networks: IEEE 802.15

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. Keynote speech

11.2. Final survey

7. Schedule

7.1. Subject schedule*

Week	Classroom activities	Laboratory activities	Distant / On-line	Assessment activities
1	<p>T1. Introduction to wireless communications Duration: 02:00 Lecture</p>	<p>W1. Wireless spectrum measurements Duration: 02:00 Cooperative activities</p>		<p>T1. Introduction to wireless communications Online test Continuous assessment Not Presential Duration: 01:00</p> <p>W1. Wireless spectrum measurements Group work Continuous assessment and final examination Presential Duration: 02:00</p>
2	<p>T2. Cellular systems foundations Duration: 02:00 Lecture</p> <p>T2. Cellular systems foundations Duration: 02:00 Lecture</p>			
3	<p>T2. Cellular systems foundations Duration: 02:00 Lecture</p> <p>T3. The wireless channel Duration: 02:00 Lecture</p>			<p>T2. Cellular systems Online test Continuous assessment Not Presential Duration: 01:00</p>
4	<p>T3. The wireless channel Duration: 02:00 Lecture</p> <p>T3. The wireless channel Duration: 02:00 Lecture</p>			
5	<p>T3. The wireless channel Duration: 02:00 Lecture</p>	<p>W2. Radio planning using XIRIO Duration: 02:00 Cooperative activities</p>		<p>T3. The wireless channel Online test Continuous assessment Not Presential Duration: 01:00</p> <p>W2. Radio planning using XIRIO Group work Continuous assessment and final examination Presential Duration: 02:00</p>

6	<p>T4. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duration: 02:00 Lecture</p> <p>T4. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duration: 02:00 Lecture</p>			
7	<p>T4. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duration: 02:00 Lecture</p> <p>T4. Broadband mobile communication systems: 4G-LTE Duration: 02:00 Lecture</p>			<p>T4. 4G-LTE Online test Continuous assessment Not Presential Duration: 01:00</p>
8		<p>L1. LTE Vienna Simulator Duration: 02:00 Laboratory assignments</p> <p>L1. LTE Vienna Simulator Duration: 02:00 Laboratory assignments</p>		<p>L1. LTE Vienna Simulator Individual work Continuous assessment and final examination Not Presential Duration: 02:00</p> <p>L1. LTE Vienna Simulator Individual work Continuous assessment and final examination Not Presential Duration: 02:00</p>
9	<p>T5. The road to 5G Duration: 02:00 Lecture</p> <p>T5. The road to 5G Duration: 02:00 Lecture</p>			<p>T5. The road to 5G Online test Continuous assessment Not Presential Duration: 01:00</p>
10	<p>T6. Broadband wireless data networks Duration: 02:00 Lecture</p> <p>T6. Broadband wireless data networks Duration: 02:00 Lecture</p>			
11	<p>T6. Broadband wireless data networks Duration: 02:00 Lecture</p>	<p>L2. WiFi measurements with Ekahau Duration: 02:00 Laboratory assignments</p>		<p>T6. Broadband wireless data networks Online test Continuous assessment Not Presential Duration: 01:00</p> <p>L2. WiFi Measurements with Ekahau Individual work Continuous assessment and final examination Not Presential Duration: 02:00</p>

12	T8. Closing conference and survey Duration: 02:00 Additional activities			
13				
14				
15				
16				
17				T1-T8. Course final exam Written test Final examination Presential Duration: 02:00

Depending on the programme study plan, total values will be calculated according to the ECTS credit unit as 26/27 hours of student face-to-face contact and independent study time.

* The schedule is based on an a priori planning of the subject; it might be modified during the academic year, especially considering the COVID19 evolution.

8. Activities and assessment criteria

8.1. Assessment activities

8.1.1. Assessment

Week	Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Evaluated skills
1	T1. Introduction to wireless communications	Online test	No Presential	01:00	5%	5 / 10	CE TEL16 CG 02 CE B3 CG 04
1	W1. Wireless spectrum measurements	Group work	Face-to-face	02:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CE SC02 CE TEL16 CG 05 CG 10
3	T2. Cellular systems	Online test	No Presential	01:00	10%	5 / 10	CE SC05 CG 04 CE SC02 CE TEL01 CE B3
5	T3. The wireless channel	Online test	No Presential	01:00	10%	5 / 10	CE B3 CG 04 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 10
5	W2. Radio planning using XIRIO	Group work	Face-to-face	02:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CE SC07 CE SC02 CE TEL01 CG 02 CG 05
7	T4. 4G-LTE	Online test	No Presential	01:00	10%	5 / 10	CE B3 CG 04 CE SC02 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 10

8	L1. LTE Vienna Simulator	Individual work	No Presential	02:00	9%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CG 04 CE TEL01 CG 10
8	L1. LTE Vienna Simulator	Individual work	No Presential	02:00	9%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CG 04 CE TEL01 CG 10
9	T5. The road to 5G	Online test	No Presential	01:00	5%	5 / 10	CE B3 CE SC02 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 10
11	T6. Broadband wireless data networks	Online test	No Presential	01:00	10%	5 / 10	CE SC02 CE TEL16 CE B3 CG 04 CG 10
11	L2. WiFi Measurements with Ekahau	Individual work	No Presential	02:00	12%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CG 04 CE SC02 CG 02 CG 05 CG 10

8.1.2. Global examination

Week	Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Evaluated skills
1	W1. Wireless spectrum measurements	Group work	Face-to-face	02:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CE SC02 CE TEL16 CG 05 CG 10
5	W2. Radio planning using XIRIO	Group work	Face-to-face	02:00	10%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CE SC07 CE SC02 CE TEL01 CG 02 CG 05
8	L1. LTE Vienna Simulator	Individual work	No Presential	02:00	9%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CG 04 CE TEL01 CG 10

8	L1. LTE Vienna Simulator	Individual work	No Presential	02:00	9%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CG 04 CE TEL01 CG 10
11	L2. WiFi Measurements with Ekahau	Individual work	No Presential	02:00	12%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CG 04 CE SC02 CG 02 CG 05 CG 10
17	T1-T8. Course final exam	Written test	Face-to-face	02:00	50%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CG 04 CE SC02 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 10

8.1.3. Referred (re-sit) examination

Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Evaluated skills
La evaluación de la convocatoria extraordinaria tendrá las mismas características que la evaluación según solo prueba final	Written test	Face-to-face	02:00	50%	5 / 10	CE B3 CE SC05 CG 04 CE SC02 CE TEL01 CE TEL16 CG 02 CG 10

8.2. Assessment criteria

En función del número de alumnos matriculados, podrán hacerse dos grupos de laboratorio (A y B), que realizarán las prácticas en diferentes días. En el cronograma y en la evaluación, se muestra sólo uno de los grupos.

La asistencia a las clases de teoría y laboratorio es obligatoria. Existirá un control regular de asistencia por parte de los profesores, de forma que las faltas, por encima del 15% del total, penalizarán en la nota final.

Los contenidos teóricos se evaluarán de forma continua, a lo largo del curso, mediante pruebas que se realizarán utilizando la plataforma Moodle. El peso total de esta parte es del 50%. La nota mínima necesaria para superar esta parte es de 5 puntos sobre 10.

Los contenidos prácticos de la asignatura se evaluarán de forma continua mediante trabajo en grupo y la realización de una memoria individual. El peso total de esta parte es del 50%: 20% para la los casos de estudio y 30% para las prácticas de laboratorio. La nota mínima necesaria para superar los contenidos prácticos es de 5 puntos sobre 10. Los contenidos prácticos de la asignatura tienen el carácter de no recuperables.

Los alumnos que opten por la modalidad de evaluación mediante sólo prueba final, deben superar un examen presencial escrito que se se celebrará en la fecha de la convocatoria oficial. Este examen tiene un peso del 50% sobre la total final y para superarlo es necesario alcanzar una nota mínima de 5 puntos sobre 10. Asimismo, están obligados a realizar las actividades prácticas de la asignatura en las fechas establecidas en el temario, y a presentar las memorias individuales correspondientes a las mismas con una antelación mínima de 14 días naturales antes de la prueba final. La calificación obtenida en esta parte tiene un peso del 50% sobre la nota final, siendo la nota mínima necesaria para superarla igual a 5 puntos sobre 10.

9. Teaching resources

9.1. Teaching resources for the subject

Name	Type	Notes
Presentaciones de la asignatura	Web resource	Plataforma Teleenseñanza Moodle
Guiones de prácticas	Web resource	Plataforma Teleenseñanza Moodle
3GPP	Web resource	The 3rd Generation Partnership Project, http://www.3gpp.org/
IEEE 802.11	Web resource	IEEE 802.11 wireless local area networks standards: http://www.ieee802.org/11/
Laboratorio Sistemas de Telecomunicación	Equipment	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
Laboratorio de Ordenadores del departamento	Equipment	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.	Bibliography	An Introduction to LTE, John Wiley & Sons, West Sussex, UK, 2012.
Cox C.	Bibliography	An Introduction to 5G. The New Radio, 5G Network and Beyond, Ed. John Wiley & Sons, 2021
Dahlman, E., et al.	Bibliography	4G, LTE-Advanced Pro and The Road to 5G, 3ª ed., Academic Press, 2016
Dahlman, E. et al.	Bibliography	5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology. Academic Press, 2018

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

10. Other information

10.1. Other information about the subject