



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

93000791 - Sistemas de Comunicaciones

### PLAN DE ESTUDIOS

09AQ - Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicación

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	4
5. Cronograma.....	11
6. Actividades y criterios de evaluación.....	16
7. Recursos didácticos.....	20
8. Otra información.....	21

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	93000791 - Sistemas de Comunicaciones
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano/Inglés
<b>Titulación</b>	09AQ - Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Federico Alvarez Garcia (Coordinador/a)	D-103	federico.alvarez@upm.es	Sin horario. concertar cita por correo electrónico / Appointment arranged by email
Miguel Alejandro Salas Natera	C-411	miguel.salas@upm.es	Sin horario. concertar cita por correo electrónico / Appointment arranged by email

Ignacio Esquivias Moscardo	B-115	ignacio.esquivias@upm.es	Sin horario. concertar cita por correo electrónico / Appointment arranged by email
Francisco Jose Lopez Hernandez	B-120	francisco.lopez.hernandez@ upm.es	Sin horario. concertar cita por correo electrónico / Appointment arranged by email
Ramon Martinez Rodriguez- Osorio	C-411	ramon.martinez@upm.es	Sin horario. concertar cita por correo electrónico / Appointment arranged by email
Alberto Belmonte Hernandez	D-112.2	alberto.belmonte@upm.es	Sin horario. concertar cita por correo electrónico/ Appointment arranged by email

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

### 3. Competencias y resultados de aprendizaje

#### 3.1. Competencias

CE1 - Capacidad para aplicar métodos de la teoría de la información, la modulación adaptativa y codificación de canal, así como técnicas avanzadas de procesado digital de señal a los sistemas de comunicaciones y audiovisuales.

CE13 - Capacidad para aplicar conocimientos avanzados de fotónica y optoelectrónica, así como electrónica de alta frecuencia.

CE2 - Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación.

CE3 - Capacidad para implementar sistemas por cable, línea, satélite en entornos de comunicaciones fijas y móviles.

CE4 - Capacidad para diseñar y dimensionar redes de transporte, difusión y distribución de señales multimedia.

CE9 - Capacidad para resolver la convergencia, interoperabilidad y diseño de redes heterogéneas con redes locales, de acceso y troncales, así como la integración de servicios de telefonía, datos, televisión e interactivos.

CG1 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CG4 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG5 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CT2 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

## 3.2. Resultados del aprendizaje

RA32 - Conocimiento práctico de los nuevos sistemas de comunicaciones en movilidad avanzadas (hacia la 5G), y el Internet de las Cosas (y su aplicación a las ciudades inteligentes) incluyendo aquellos a desarrollarse en los próximos 5-10 años.

RA33 - Capacidad para abordar y desarrollar en grupo casos prácticos de análisis, diseño, dimensionamiento, simulación, pruebas y su gestión técnico-económica de sistemas de comunicaciones que usen redes satelitales, redes fijas troncales y de acceso óptico y/o eléctricas y redes móviles incluyendo el concepto de "Internet de las Cosas"

RA29 - Habilidad para diseñar y dimensionar un sistema de comunicaciones que integre partes tanto fijas como móviles, de forma práctica, en grupo y con una orientación profesional al trabajo en una empresa

RA30 - Conocimiento práctico de nuevos sistemas de comunicaciones satelitales y posicionamiento, incluyendo la metodología, técnicas y herramientas de análisis y diseño de los mismos y sus aplicaciones

RA31 - Conocimiento práctico de los nuevos sistemas de comunicaciones fijas (ópticas y eléctricas) avanzadas para triple-play, y aquellos a desarrollarse en los próximos 5-10 años

RA41 - Capacidad de presentar los resultados de lo anterior en grupo de forma oral y escrita

RA28 - Conocimiento extenso de los sistemas de comunicaciones más comunes y utilizados en la actualidad, orientado principalmente a las capas inferiores de dichos sistemas de comunicaciones (aunque contando también con su interrelación con las capas superiores y arquitecturas de los sistemas)

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

#### Introducción

"Sistemas de Comunicaciones" va a ofrecer a los alumnos el conocimiento de los tipos de sistemas más comunes y utilizados en la actualidad, orientado principalmente a las capas inferiores de dichos sistemas de comunicaciones (aunque contando también con su interrelación con las capas superiores y arquitecturas de los sistemas, las cuales se explican en otras asignaturas del programa).

La asignatura cubre los conocimientos necesarios para un ingeniero de máster de los sistemas de comunicaciones

más actuales, además de las tendencias y próximos sistemas que llegarán al mercado en 5-10 años, de modo que el alumno pueda conocer tanto la tecnología actual más desplegada como la vanguardia tecnológica de los sistemas de comunicaciones más utilizados, en detalle y profundidad, y no solamente como visión general.

Dichos sistemas de comunicaciones se presentarán como casos, que se irán entrelazando para que al final del esta asignatura el alumno sea capaz no solamente de diseñar y dimensionar un sistema de comunicaciones (objetivo que también se busca), sino que sea capaz de desarrollarlo, de forma práctica y con una orientación profesional al trabajo en una empresa.

## Organización de la asignatura

### - Casos de estudio:

Los sistemas de comunicaciones se desarrollarán de forma avanzada partiendo el estudio de casos, profundizando en cada uno de los 3 tipos, especialmente en las capas inferiores de los sistemas, y en su interrelación:

A) Caso 1: Nuevos sistemas de comunicaciones satelitales y posicionamiento: Las comunicaciones satelitales y el posicionamiento constituyen el primer caso de estudio, con el uso de un satélite experimental que es la base de las nuevas comunicaciones satelitales, incluyendo la metodología, técnicas y herramientas de análisis y diseño. Incluye laboratorio y proyecto en equipo.

B) Caso 2: Nuevos sistemas de comunicaciones fijas (ópticas y eléctricas) avanzadas para triple-play: nuevas tecnologías para aumentar la capacidad, calidad y utilización de las redes fijas de un operador de telecomunicación, tanto en la red troncal como el acceso. Incluye laboratorio y proyecto en equipo.

C) Caso 3: Nuevos sistemas de comunicaciones en movilidad avanzadas, y el Internet de las Cosas: Sistemas de comunicaciones móviles hacia el 5G, y su relación con el Internet de las Cosas. Aplicación a los operadores de comunicaciones y al caso de las Ciudades Inteligentes. Incluye laboratorio y proyecto en equipo.

Dichos casos de estudio son incrementales, es decir, incorporan elementos de otros casos según van progresando para construir el proyecto final.

Estos casos serán ampliados como foco concreto de asignaturas optativas en el próximo curso por asignaturas de la especialidad, por lo que la asignatura enseñará aquellas partes fundamentales y necesarias para un ingeniero de nivel de máster, dejando un conocimiento totalmente especialista para el segundo año a aquellos alumnos que lo deseen.

### - Metodología:

La asignatura se desarrollará siguiendo metodologías de innovación como son la enseñanza basada en proyectos "*Project Based Learning*", el estudio de casos, y la aplicación de un sistema de trabajo donde el alumno desarrolle su trabajo en grupo durante toda la asignatura, y donde el profesor funcione como un "entrenador del equipo" (más fácilmente entendible con el término inglés "*coaching*").

La asignatura por lo tanto tendrá 3 formas de que los alumnos adquieran los conocimientos oportunos:

- Clases teórico-prácticas: en estas clases teórico-prácticas el profesor desarrollará los conceptos teóricos con los alumnos de una forma práctica y donde la participación de los alumnos será clave para la mejor comprensión de la asignatura. Por ello se utilizarán herramientas interactivas en la clase con los alumnos para una mejor comprensión de las tecnologías. Asimismo podrán incluir charlas de profesionales reconocidos del sector en ciertos casos.

- Clases prácticas de laboratorio: en estas clases se abordará el desarrollo práctico de un sistema de comunicaciones mediante el uso de diferentes laboratorios.

- Elaboración del proyecto con supervisión de los profesores. La elaboración del proyecto consistirá en un trabajo en grupo donde los alumnos se organizarán en varios equipos de trabajo, donde se trabajará tanto la parte técnica de los sistemas de comunicaciones como otras partes necesarias para un proyecto completo (p.ej. gestión, perspectiva económica, etc.) y la presentación de los resultados (incluyendo exposición en público).

### - Idioma de impartición

Los idiomas de impartición son inglés y español. Será en español o en inglés, según los grupos declarados por la jefatura de estudios en dichos idiomas.

La documentación de la asignatura, para que los alumnos se acostumbren al trabajo en un entorno internacional será en inglés.

### In English:

"Communications systems" will present the types of systems most common and used today, oriented to the lower layers of a communication system, but also will explain the interrelation with the upper layers and architectures of the systems, explained in other subjects of the program.



The course covers the knowledge necessary for a MSc telecommunications engineer concerning the current, as well as trends and future systems that will come to market in 5-10 years. These communication systems will be presented as cases, which will be intertwined with the aim of proving the student with the sufficient knowledge to be able to design and dimension, in a practical way, such communication systems.

### **Organization:**

The course will cover 3 use cases:

- Novel satellite communication systems and positioning
- New fixed communication systems (optical and electrical)
- New mobile communication systems and the Internet of Things

The cases will be presented with focus in the main elements and technologies, leaving a deeper analysis for the 2nd course of MUIT.

### **Methodology**

The subject will include 3 different aspects to allow students to acquire the knowledge required

- Theoretical and practical lectures
- Laboratories
- Project in groups: students in will team-up to solve a real case covering technical and economical aspects of a selected communication systems, involving all use cases, and will present the results (written and orally).

### **Language:**

English and Spanish

## 4.2. Temario de la asignatura

1. Introducción, organización de la asignatura y presentación de casos / Introduction, subject organization and use cases presentation

1.1. Presentación de la asignatura y relación con otras asignaturas del máster / Introduction and relationship with other subjects

1.2. Aspectos generales de los sistemas de comunicaciones / Communication systems overview

1.3. Presentación de los casos e interrelación / Study cases presentation and relationship

2. Nuevos sistemas de comunicaciones satelitales y posicionamiento / Novel satellite communication systems and positioning

2.1. Visión general del caso de estudio / overview

2.2. Sistemas de Transporte Radioeléctricos / Radioelectrical transport systems

2.3. Caracterización y especificación de sistemas satelitales / Characterization and specification of satellite systems

2.4. Técnicas avanzadas de modulación/acceso / Access and modulation techniques

2.5. Técnicas avanzadas de codificación de canal / Novel Channel coding techniques

2.6. Sistemas GNSS (Global Navigation Satellite Systems)

2.7. Laboratorio de sistemas de comunicación satelitales / Satellite laboratory

2.8. trabajo práctico de dimensionamiento de un sistema de comunicaciones

3. Nuevos sistemas de comunicaciones fijas (ópticas y eléctricas) avanzadas para triple-play / Novel Fixed Communication systems (optical and electrical)

3.1. Introducción y visión general del caso de estudio / Introduction and overview

3.2. Normativa. Interconexión. Regulación y estándares / Standard, interconnection and regulation

3.3. Sistemas ópticos digitales coherentes: 100G y más allá / Coherent digital optical systems: 100G and beyond

3.4. Tendencias de futuro en sistemas ópticos: Supercanales Tbps, sistemas con multiplexación espacial / Future directions: Superchannel, Tbps, spatial multiplexing

3.5. Comunicaciones con luz visible VLC (Li-Fi). Sistemas ópticos en espacio libre / Free-space optics, Visual Lights Communications

3.6. Red de acceso fijo / Fixed Access Networks

3.6.1. Técnicas avanzadas de modulación y codificación de canal para acceso fijo / Advanced

modulation and coding techniques for fixed access networks

3.6.2. Nuevos sistemas de acceso fijo metálicos. Nueva evolución del acceso fijo mediante par metálico (DSL): G.FAST y similares. Advanced vectoring / Novel fixed access systems over twisted pair:DSL evolution towards G.FAST, advanced vectoring

3.6.3. Nuevos sistemas de acceso fijo ópticos. Próximas generaciones de PON y FTTH / new generation PON and FTTH

3.6.4. Evolución de la red de acceso mixta (fibra-coaxial, fibra-par metálico, radio-fibra, G.hn) / Mixed access technologies: HFC, radio-fiber, G.hn

3.7. Trabajo práctico de dimensionamiento de un sistema de comunicaciones triple-play (y añadiendo las tecnologías del caso anteriores) desarrollado junto a los alumnos

4. Nuevos sistemas de comunicaciones en movilidad avanzadas, y el Internet de las Cosas / Novel mobile communication systems towards 5G; and IoT

4.1. Introducción y visión general del caso / Introduction and overview

4.2. Introducción a LTE (repasso de la formación online) y evolución hacia la 5G. Elementos principales, arquitectura y requisitos esperados / Introduction to LTE: main elements, architecture and requirements, with special focus on the radio aspects

4.3. Evolución de la arquitectura y el interfaz radio hacia 5G. / Evolution of the architecture and radio access network towards 5G

4.3.1. LTE-Advanced, LTE-advanced Pro y progreso hacia 5G / LTE-Advanced, LTE-advanced Pro and progress towards 5G

4.3.2. Técnicas avanzadas de modulación/acceso y sus capacidades para nuevas tecnologías móviles / Advanced modulation and access for mobile communications

4.4. Relación con los servicios avanzados en nuevas redes móviles para el dimensionamiento. Señalización y garantía de servicio / Relationship with services and dimensioning. Signalling and QoS.

4.5. Internet de las cosas / Internet of Things

4.5.1. Sistemas corto alcance para sensores, red de transporte y dimensionamiento. Redes de sensores inalámbricas / Short-range communications for IoT and transport networks

4.5.2. Modulaciones y codificación de canal. Caracterización y arquitectura de la red / Modulation and channel coding. Characterisation and network architecture

4.5.3. Estándares y comunicación M2M. Relación con capas superiores y los servicios. Ejemplos de uso / Standards and M2M communications. Relationship with higher layers and services. Examples of use.

4.6. Laboratorio de Internet de las cosas (IoT) / Internet of Things laboratory

4.7. Trabajo práctico de dimensionamiento de un sistema móvil avanzado e Internet de las cosas (y añadiendo las tecnologías de casos anteriores) desarrollado junto a los alumnos / dimensioning (adding this use case)

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Tema 1 de la asignatura. 1.1.</b>  <b>Presentación de la asignatura y relación con otras asignaturas del máster, y presentación de los casos de estudio</b>            Duración: 00:30            LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>1.2. Aspectos generales de los sistemas de comunicaciones</b>            Duración: 00:30            LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Nuevos sistemas de comunicaciones satelitales y posicionamiento. 2.1</b>  <b>Introducción al caso de estudio: "sistemas de comunicaciones satelitales"</b>            Duración: 01:00            LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>2.2 Sistemas de Transporte Radioeléctricos</b>            Duración: 02:00            LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>2.2 Sistemas de Transporte Radioeléctricos (2/2)</b>            Duración: 01:00            LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>2.3 Caracterización y especificación de sistemas satelitales (1/2)</b>            Duración: 01:00            LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>2.3 Caracterización y especificación de sistemas satelitales (2/2)</b>            Duración: 01:00            LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>2.4 Técnicas avanzadas de modulación/acceso</b>            Duración: 01:00            LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

3	<p><b>2.5 Técnicas avanzadas de codificación de canal</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>2.6 Sistemas GNSS (Global Navigation Satellite Systems) y sus aplicaciones (1/2)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>2.6 Sistemas GNSS (Global Navigation Satellite Systems) y sus aplicaciones (2/2)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Clase de problemas prácticos Tema 2</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
4		<p><b>2.7 Laboratorio de sistemas de comunicación satelitales</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Entrega actividades de laboratorio / Laboratory deliverable</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua No presencial Duración: 01:00</p>
5	<p><b>3. Nuevos sistemas de comunicaciones fijas (ópticas y eléctricas) avanzadas para triple-play 3.1. Introducción y visión general del caso de estudio</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.2 Normativa. Interconexión. Regulación y estándares</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.3 Sistemas ópticos digitales coherentes: 100G y más allá (1/2)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>2.8. Proyecto: trabajo práctico de dimensionamiento de un sistema de comunicaciones satelital</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
6	<p><b>3.3 Sistemas ópticos digitales coherentes: 100G y más allá (2/2)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.4 Tendencias de futuro en sistemas ópticos: Supercanales Tbps, sistemas con multiplexación espacial</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

7	<p><b>3.5 Comunicaciones con luz visible VLC (Li-Fi). Sistemas ópticos en espacio libre</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.6 Red de acceso fijo - 3.6.1. Técnicas avanzadas de modulación y codificación de canal para acceso fijo. Calidad de un sistema de comunicaciones triple-play</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.6.2. Nuevos sistemas de acceso fijo metálicos. Nueva evolución del acceso fijo mediante par metálico (DSL): G.FAST y similares. Advanced vectoring</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.6.3 - Nuevos sistemas de acceso fijo ópticos. Próximas generaciones de PON y FTTH</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p><b>3.6.4. Evolución de la red de acceso mixta (fibra-coaxial, fibra-par metálico, radio-fibra, G.hn)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Clase de problemas tema 3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
9	<p><b>4. Nuevos sistemas de comunicaciones en movilidad avanzadas, y el Internet de las Cosas 4.1. Introducción y visión general del caso</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>4.2. Introducción a LTE (repaso de la formación online) y evolución hacia la 5G. Elementos principales, arquitectura y requisitos esperados</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>3.7. Proyecto: Trabajo práctico de dimensionamiento de un sistema de comunicaciones triple-play (y añadiendo las tecnologías del caso anteriores) desarrollado junto a los a los alumnos</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			

10	<p><b>4.3. Evolución de la arquitectura y el interfaz radio hacia 5G.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>4.3.1. LTE-Advanced, LTE-advanced Pro y progreso hacia 5G</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>4.3.2. Técnicas avanzadas de modulación/acceso y sus capacidades para nuevas tecnologías móviles</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>4.4. Relación con los servicios avanzados en nuevas redes móviles para el dimensionamiento. Señalización y garantía de servicio</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>4.5. Internet de las cosas 4.5.1. Sistemas corto alcance para sensores, red de transporte y dimensionamiento. Redes de sensores inalámbricas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>4.5.2. Modulaciones y codificación de canal. Caracterización y arquitectura de la red / Modulation and channel coding. Characterisation and network architecture</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>4.5.3. Estándares y comunicación M2M. Relación con capas superiores y los servicios. Ejemplos de uso / Standards and M2M communications. Relationship with higher layers and services. Examples of use.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12		<p><b>4.6 Laboratorio de Internet de las cosas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Entrega actividades de laboratorio / Laboratory deliverable</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
13	<p><b>Resolución de problemas caso de uso 3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Trabajo práctico de dimensionamiento de un sistema móvil avanzado e Internet de las cosas (y añadiendo las tecnologías de casos anteriores) desarrollado junto a los alumnos</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			



14				<p><b>Presentación final del proyecto en clase. Y entrega memoria proyecto / Final project presentation and final report delivery</b></p> <p>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
15				
16				
17				<p><b>Examen escrito: teoría y ejercicios / Written exam: theory and exercises</b></p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Examen final / Final exam</b></p> <p>OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:30</p>

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.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Entrega actividades de laboratorio / Laboratory deliverable	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	01:00	5%	4 / 10	CE1 CG2 CE9 CE13 CE4
12	Entrega actividades de laboratorio / Laboratory deliverable	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	01:00	5%	4 / 10	CE1 CT3 CE3 CE9 CT5
14	Presentación final del proyecto en clase. Y entrega memoria proyecto / Final project presentation and final report delivery	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	40%	4 / 10	CE1 CG2 CG4 CT2 CT4 CT3 CE2 CE3 CE9 CG1 CG5 CT5 CE4
17	Examen escrito: teoría y ejercicios / Written exam: theory and exercises	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CE1 CG2 CG4 CT3 CE3 CE9 CE13 CG1 CG5 CT5 CE4

#### 6.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final / Final exam	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	02:30	100%	5 / 10	CE1 CG2 CG4 CT2 CT4 CT3 CE2 CE3 CE9 CE13 CG1 CG5 CT5 CE4

### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final / Final exam	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	02:30	100%	5 / 10	CE1 CG2 CG4 CT2 CT4 CT3 CE2 CE3 CE9 CE13 CG1 CG5 CT5 CE4

## 6.2. Criterios de evaluación

### En castellano:

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. El estudiante que desee renunciar a la evaluación continua y optar a la evaluación por prueba final (formada por una o más actividades de evaluación global de la asignatura), deberá completar en el Moodle de la asignatura la tarea titulada "Renuncia a la evaluación continua" antes del final de la 4ª semana desde el inicio del curso (la fecha concreta se anunciará en el Moodle).

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, TG, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, se podrán realizar dichas actividades de evaluación a lo largo del curso.

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final.

Resumen de los criterios de evaluación:

- La puntuación del proyecto constituirá el 40% de la calificación del total de la asignatura (nota mínima 4 / 10)
- Las entregas de actividades de laboratorio serán en total el 10% de la calificación del total de la asignatura (nota mínima de 4/10 en cada entrega) . La realización es obligatoria salvo que se renuncie en el plazo indicado (en el primer párrafo de estos criterios de evaluación) a la evaluación continua. En cualquier caso serán evaluadas las competencias en un examen práctico especial, donde se pedirá haber obtenido los mismos conocimientos y competencias que el resto de estudiantes que hayan realizado los laboratorios.

El otro 50% (porcentaje restante) se obtendrá por:

- la prueba final completa en un examen global incluyendo tanto teoría como ejercicios prácticos en la misma convocatoria el día del examen final (50% de la nota total). El examen cubrirá tanto aspectos teóricos no cubiertos en el anterior examen como ejercicios prácticos (problemas) de todo el temario. Se deberá obtener 4 puntos o más sobre 10 en el total, y al menos 3 puntos en la parte teórica y 3 puntos en la parte de ejercicios. La ponderación entre teoría y ejercicios es 40%-60%.

En esta asignatura se contempla la posibilidad de liberar bloques temáticos. La nota del proyecto, laboratorio y/o

exámenes escritos (teoría+ejercicios) se conservará si se obtiene el mínimo en cualquiera de estas partes hasta el examen extraordinario.

En cualquier caso para el alumno que haya renunciado a la continua, deberá realizar únicamente un examen final, solicitándolo como se indica en esta guía. Para ello existirá un examen final donde se cubrirán los aspectos de la asignatura evaluando las competencias requeridas. Dicho examen final por lo tanto constará en: a) parte escrita de los exámenes, b) evaluación oral o escrita de los laboratorios, o bien entregas que se solicitarán; c) examen oral para la evaluación de la actividad "Proyecto", previa entrega de un proyecto individual a convenir con el coordinador de la asignatura. La ponderación y notas mínimas serán igual a la indicada en la evaluación continua. Esta forma de examen final será la que se desarrollará en la evaluación extraordinaria.

Adicionalmente si se realizaran charlas o ponencias, estas podrán derivar en la obtención de puntuación adicional, o bien ser incluidas en las cuestiones planteadas en los exámenes.

### **In English:**

Students will be qualified through continuous evaluation by default. According to the Normativa de Evaluación del Aprendizaje de la Universidad Politécnica de Madrid, students willing to renounce to continuous evaluation must complete the Moodle task entitled "Renounce to continuous evaluation" before the 4th week (deadline will be announced in Moodle).

Evaluation will assess if students have acquired all the competences of the subject. Thus, evaluation through final assessment will be carried out considering all the evaluation techniques used in continuous evaluation (EX, ET, TG, etc.), and will be celebrated in the exam period approved by Junta de Escuela for the current academic semester and year. Evaluation activities that assess learning outcomes that cannot be evaluated through a single exam can be carried out along the semester.

Extraordinary examination will be carried out exclusively by the final assessment method.

Evaluation criteria:

- Project evaluation will account 40% of the final mark (minimal mark in this part 4 / 10)
- Laboratory evaluation 10% of the final mark (minimal mark in this part 4 / 10 in each laboratory). Carrying out the laboratories is mandatory for all student but those renouncing to the continuous evaluation method, that will be evaluated in the final exam on the laboratories to check if they have the same knowledge as students that passed the continuous evaluation.

- Exam, written (50%) - minimal mark 4/10, with a minimal threshold in the theory (3/10) and exercises (3/10). In the total weight of the exam, theory is 40% and 60% the exercises.

In this subject it is possible to keep the mark of project, laboratories or the exams (in global, the overall mark of the exams) until the extraordinary examination (referred / re-sit examination)

Students which renounce to continuous evaluation should take a final exam covering all mentioned parts: laboratories (written or oral exam, or written deliverable, exercises and theory through a written exam, and project with an oral exam on a previous individual project to be agreed with the subject coordinator. This will be the manner the extraordinary evaluation will be carried out.

## 7. Recursos didácticos

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Laboratorios	Equipamiento	Laboratorios y equipos para las prácticas
Revistas del IEEE relacionados con la materia (p.ej. IEEE Communications Magazine)	Recursos web	
Estándares presentados en la asignatura	Bibliografía	Varios tipos de estándares ETSI, ITU, IEEE, IETF, ISO
Satellite Communications, Fourth Edition (Professional Engineering). Dennis Roddy. 2006	Bibliografía	
Advanced Optical Communication Systems and Networks (Artech House Applied Photonics) 2013. Milorad Cvijetic and Ivan B. Djordjevic	Bibliografía	
An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE, VoLTE and 4G Mobile Communication. Christopher Cox	Bibliografía	

Fiber-Optic Communication Systems (Fourth Edition); G. P. Agrawal,, Wiley Interscience, 2010.	Bibliografía	
Optical Fiber Communications Vol. VI-B, Systems and Networks, ed. I. Kaminow, T. Li, A. Willner , Academic, 2013.	Bibliografía	

## 8. Otra información

---

### 8.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura está alineada con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en los siguientes objetivos:

4.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento

5.b Mejorar el uso de la tecnología instrumental, en particular la tecnología de la información y las comunicaciones, para promover el empoderamiento de las mujeres

9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.

En la asignatura las actividades que se desarrollan ayudan a promover estos objetivos.