



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



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

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**595020234 - Redes de Comunicaciones Móviles**

### PLAN DE ESTUDIOS

59EC - Grado En Ingeniería Electronica De Comunicaciones

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Requisitos previos obligatorios.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	595020234 - Redes de Comunicaciones Móviles
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	59EC - Grado En Ingeniería Electronica De Comunicaciones
<b>Centro responsable de la titulación</b>	59 - Escuela Tecnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Pedro Castillejo Parrilla	A4401	pedro.castillejo@upm.es	Sin horario.
Carlos Ramos Nespereira (Coordinador/a)	A4413	carlos.ramosn@upm.es	Sin horario.

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

## 3. Requisitos previos obligatorios

---

### 3.1. Asignaturas previas requeridas para cursar la asignatura

- Redes De Ordenadores
- Redes Y Servicios De Telecomunicacion

### 3.2. Otros requisitos previos para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado En Ingeniería Electronica De Comunicaciones no tiene definidos requisitos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE TL01 - Capacidad de 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 servicios telemáticos.

CE TL02 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones telemáticas, tales como sistemas de gestión, señalización y conmutación, encaminamiento y enrutamiento, seguridad (protocolos criptográficos, tunelado, cortafuegos, mecanismos de cobro, de autenticación y de protección de contenidos), ingeniería de tráfico (teoría de grafos, teoría de colas y teletráfico) tarificación y fiabilidad y calidad de servicio, tanto en entornos fijos, móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía y datos.

CE TL04 - Capacidad de describir, programar, validar y optimizar protocolos e interfaces de comunicación en los diferentes niveles de una arquitectura de redes.

CE TL05 - Capacidad de seguir el progreso tecnológico de transmisión, conmutación y proceso para mejorar las redes y servicios Telemáticos.

CE TL08 - Capacidad para realizar proyectos en el ámbito de las tecnologías específicas de la Ingeniería de Telecomunicación, de naturaleza profesional en que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en las

enseñanzas.

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

CG 03 - Capacidad para expresarse correctamente de forma oral y escrita y transmitir información mediante documentos y exposiciones en público.

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

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

CG 11 - Habilidades para la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

CG 13 - Habilidades de aprendizaje con un alto grado de autonomía.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA972 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones telemáticas, en entornos móviles locales y de área extendida, con diferentes anchos de banda e incluyendo telefonía y datos

RA976 - Capacidad de explicar las estructuras de protocolos en las interfaces GSM/GPRS/EDGE

RA988 - Capacidad de describir las interfaces y protocolos en redes LTE

RA981 - Capacidad de explicar las mejoras técnicas y funcionales entre las tecnologías 3G

RA979 - Capacidad de establecer una clasificación cronológica comparativa de los sistemas de comunicaciones móviles

RA978 - Capacidad de detallar la funcionalidad de los elementos de la arquitectura en las redes 3G: UMTS/HSDPA/HSUPA

RA975 - Capacidad de identificar las alternativas tecnológicas emergentes en 4G

RA992 - Capacidad de analizar los procedimientos básicos de una red LTE

RA985 - Capacidad de describir la funcionalidad de los elementos de la arquitectura de las redes móviles GSM

RA991 - Capacidad de detallar la funcionalidad de los elementos de la arquitectura de una red LTE

RA983 - Capacidad de describir las interfaces y protocolos de redes UMTS/HSDPA/HSUPA

RA984 - Capacidad de relacionar los tipos, clases y parámetros de calidad de servicio en UMTS

RA982 - Capacidad de identificar la funcionalidad de los mensajes de control intercambiados en la interfaz radio de redes

RA977 - Capacidad de justificar las mejoras funcionales entre las tecnologías 2G

RA974 - Capacidad de describir las características básicas de los sistemas móviles celulares

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo general de la asignatura es analizar la estructura de red, la arquitectura de protocolos y las características y servicios de las redes móviles, realizando un estudio cronológico de las redes con tecnologías 2G (GSM/GPRS/EDGE), 3G (UMTS/HSDPA/HSUPA) y 4G (LTE/LTE-Advanced), con una breve introducción a la tecnología 5G.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. UNIDAD 1.- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS MÓVILES CELULARES

- 1.1. Evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles
- 1.2. Características básicas de los sistemas celulares
- 1.3. Arquitectura global de las redes de comunicaciones móviles
- 1.4. El mercado de las comunicaciones móviles

#### 2. UNIDAD 2.- SISTEMAS 2G: GSM, GPRS, EDGE

- 2.1. Características básicas de GSM, GPRS y EDGE
- 2.2. Arquitectura de red y servicios GSM/GPRS/EDGE
- 2.3. Interfaces y protocolos GSM y GPRS/EDGE
- 2.4. Procedimientos básicos GSM y GPRS/EDGE

#### 3. UNIDAD 3.- SISTEMAS 3G: UMTS, HSDPA, HSUPA

- 3.1. Introducción a UMTS, HSDPA y HSUPA

- 3.2. Arquitectura de red (UTRAN y CN), servicios y aplicaciones
- 3.3. Interfaces y protocolos UMTS, HSDPA y HSUPA
- 3.4. Procedimientos básicos UMTS, HSDPA y HSUPA
- 3.5. Evolución de HSPA: HSPA+
- 4. UNIDAD 4.- SISTEMAS 4G/5G: LTE, LTE-Advanced, 5G
  - 4.1. Características básicas de LTE
  - 4.2. Arquitectura de red LTE
  - 4.3. Interfaces y protocolos LTE
  - 4.4. Procedimientos básicos LTE
  - 4.5. Introducción a LTE-Advanced y LTE Advanced-Pro
  - 4.6. Introducción a tecnología 5G
- 5. PRACTICA 1: Análisis de tráfico y protocolos en redes GSM: GSM, GPRS, EDGE
  - 5.1. Análisis de los protocolos del plano de control en la interfaz radio de 2G
  - 5.2. Análisis de parámetros de nivel físico en la interfaz radio de 2G
- 6. PRACTICA 2: Análisis de tráfico y protocolos en redes 3G: UMTS, HSDPA, HSUPA
  - 6.1. Análisis de protocolos del plano de control en la interfaz radio de redes 3G
  - 6.2. Análisis de parámetros de nivel físico y procedimientos RRC en redes 3G
- 7. PRÁCTICA 3: Configuración y análisis de protocolos en una red LTE
  - 7.1. Configuración de una red LTE: gestión de HSS y parámetros radio
  - 7.2. Análisis de protocolos en interfaces LTE

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<b>UNIDAD 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>UNIDAD 1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>UNIDAD 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>UNIDAD 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>UNIDAD 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>PRÁCTICA 1</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>UNIDAD 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>PRÁCTICA 1</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	<b>UNIDAD 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>UNIDAD 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>PRÁCTICA 2</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega PRÁCTICA 1</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:05
8	<b>UNIDAD 3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>PRÁCTICA 2</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación Continua 1 (EC1)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00
9	<b>UNIDAD 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	<b>UNIDAD 4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>UNIDAD 4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>PRÁCTICA 3</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega PRÁCTICA 2</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:05



12	<b>UNIDAD 4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>PRÁCTICA 3</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13	<b>UNIDAD 4</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>PRÁCTICA 3</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14	<b>UNIDAD 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	<b>UNIDAD 4</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas			<b>Entrega PRÁCTICA 3</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:05
16				<b>Evaluación Continua 2 (EC2)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00  <b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00
17				

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Entrega PRÁCTICA 1	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	00:05	10%	/ 10	CE TL04 CE TL05 CE TL02 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10
8	Evaluación Continua 1 (EC1)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	3.5 / 10	CE TL05 CE TL01 CE TL02 CE TL08 CG 02 CG 13 CG 10
11	Entrega PRÁCTICA 2	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	00:05	10%	/ 10	CE TL05 CE TL02 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10
15	Entrega PRÁCTICA 3	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	00:05	10%	/ 10	CE TL05 CE TL02 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10
16	Evaluación Continua 2 (EC2)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	3.5 / 10	CE TL05 CE TL01 CE TL02 CG 02 CG 13 CG 10

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Entrega PRÁCTICA 1	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	00:05	10%	/ 10	CE TL04 CE TL05 CE TL02 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10
11	Entrega PRÁCTICA 2	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	00:05	10%	/ 10	CE TL05 CE TL02 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10
15	Entrega PRÁCTICA 3	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	00:05	10%	/ 10	CE TL05 CE TL02 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10
16	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	70%	5 / 10	CE TL04 CE TL05 CE TL01 CE TL02 CE TL08 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Entrega PRÁCTICA 1	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:05	10%	/ 10	CE TL05 CE TL02 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10
Entrega PRÁCTICA 2	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:05	10%	/ 10	CE TL05 CE TL02 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10
Entrega PRÁCTICA 3	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:05	10%	/ 10	CE TL05 CE TL02 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10
Examen final extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	70%	5 / 10	CE TL04 CE TL05 CE TL01 CE TL02 CE TL08 CG 02 CG 04 CG 11 CG 13 CG 03 CG 10

## 7.2. Criterios de evaluación

Se establece un total de siete actividades de evaluación para los periodos ordinario y extraordinario: tres entregas de memorias de prácticas, dos exámenes parciales de evaluación continua denominados EC1 y EC2, un examen final en periodo ordinario y un examen final en periodo extraordinario. La tabla de actividades de evaluación detalla los pesos y la materia de las distintas actividades de evaluación. Tanto el examen final del periodo ordinario como el del periodo extraordinario tendrán partes diferenciadas correspondientes a la materia evaluada en cada uno de los exámenes de evaluación continua EC1 y EC2. En lo sucesivo se denominan a estas partes "parte EC1" y "parte EC2" del examen final correspondiente.

Es posible que se incluya la organización de una conferencia invitada, cuyo contenido podrá ser objeto de evaluación dentro de cualquier examen, parcial o final.

Algunos resultados de aprendizaje son difícilmente evaluables mediante una única prueba global, siendo evaluados fundamentalmente a partir de las memorias de las prácticas entregadas por los estudiantes. Por este motivo, y en consistencia con la "NORMATIVA DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE EN LAS TITULACIONES DE GRADO Y MÁSTER UNIVERSITARIO CON PLANES DE ESTUDIO ADAPTADOS AL R.D. 1393/2007" de la Universidad Politécnica de Madrid, que es de aplicación a esta asignatura, en sus artículos 12.1 y 14.2.b, todos los estudiantes, independientemente del periodo (ordinario o extraordinario) o del sistema que el estudiante siga durante el periodo ordinario (evaluación continua o sólo prueba final), deben entregar en tiempo y forma a lo largo del curso las memorias de las prácticas para optar a la puntuación que se otorga a las mismas.

El sistema de evaluación continua será el que se aplique en general a todos los estudiantes de la asignatura. El alumno que desee seguir el sistema de evaluación mediante sólo prueba final deberá comunicarlo por escrito, rellenando y presentando en la secretaría del Departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica la instancia que a tal efecto se habilite. El plazo de presentación de dicha instancia se cerrará transcurrido un mes natural desde el inicio de la actividad lectiva del semestre.

La asignatura se calificará sobre un total de 10 puntos. Para aprobarla se deben cumplir todos los requisitos siguientes:

- En cualquier caso: tener una nota global en la asignatura de al menos 5 puntos, calculada según los pesos establecidos en la tabla de actividades de evaluación.
- En el caso de evaluación continua: que la suma ponderada de las notas de los exámenes de evaluación continua (EC1 y EC2) sea al menos el 50% de la suma de sus pesos, no pudiendo ser ninguna de las notas individuales de cada uno de estos dos exámenes inferior al 35% de su peso.
- En el caso de examen final (periodo ordinario o extraordinario): tener una nota en el examen final de al menos el 50% de su peso, no pudiendo ser ninguna de las notas individuales de cada una de las partes

EC1 y EC2 del examen inferior al 35% del peso de dicha parte en el examen final.

Los estudiantes que hayan seguido el sistema de evaluación continua y que hayan aprobado (obtenido al menos el 50% de su calificación máxima) uno de los dos exámenes EC1 o EC2, podrán optar por no realizar en el examen extraordinario la parte correspondiente a dicho examen, conservando en este caso la nota anteriormente obtenida para esta parte. Los estudiantes que no hayan aprobado (obtenido al menos el 50% de su calificación máxima) un examen de evaluación continua en periodo ordinario mediante evaluación continua deberán presentarse obligatoriamente a la parte correspondiente a dicho examen en el extraordinario, dejando de tener validez la nota anteriormente obtenida.

Los estudiantes que hayan seguido el sistema de sólo prueba final en periodo ordinario y hayan suspendido en dicho periodo, deberán realizar el examen extraordinario en su totalidad, no teniendo opción a conservar ninguna nota parcial previamente obtenida.

En esta asignatura no se producirá la liberación de ningún bloque temático para posteriores cursos académicos.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
-Hernando Rábanos, José M. Comunicaciones móviles (2ª edición). Ed. Centro de Estudios Ramón Arecas, 2004.	Bibliografía	Bibliografía básica para Unidad 1 y Unidad 2
- Lluch Mesquida, Cayetano. Comunicaciones móviles de tercera generación UMTS. Ed. Telefónica Móviles España, Madrid, 2000	Bibliografía	Bibliografía básica Unidad 3
- Cox, Christopher. Essentials of UMTS. Ed. Cambridge University Press, New York, 2008.	Bibliografía	Bibliografía complementaria Unidad 3

-Kaarainen, Heikki. UMTS Networks: architecture, mobility and services (2nd Ed.). Ed. John Wiley & Sons, 2005.	Bibliografía	Bibliografía complementaria Unidad 3
- Kreher, Ralf. UMTS signaling: UMTS interfaces, protocols, message flows and procedures analyzed and explained (2nd Ed.). Ed. John Wiley & Sons, 2007.	Bibliografía	Bibliografía complementaria Unidad 3
- Huidobro Moya, José Manuel. ?Comunicaciones móviles: GSM, UMTS, LTE?. Ed. Ra-Ma Madrid, 2012.	Bibliografía	Bibliografía básica Unidad 2, Unidad 3 y Unidad 4
- Holma, Harri. WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE. 5ª Ed. Ed. Wiley, 2010	Bibliografía	Bibliografía complementaria Unidad 3 y Unidad 4
- UMTS Forum. <a href="http://www.umts-forum.org/">http://www.umts-forum.org/</a>	Recursos web	Acceso a especificaciones UMTS
- The 3rd Generation Partnership Project (3GPP). <a href="http://www.3gpp.org/">http://www.3gpp.org/</a>	Recursos web	Acceso a todas las especificaciones del 3GPP de 2G, 3G y 4G
- Plataforma institucional de tele-enseñanza de la Universidad Politécnica de Madrid (Moodle)	Otros	Acceso a todas aquellas informaciones, avisos, documentos, actividades y recursos que el profesorado de la asignatura considere adecuado para el correcto desarrollo de la misma.
Equipamiento laboratorio	Equipamiento	Los estudiantes dispondrán del equipamiento específico, software y permisos de acceso necesarios para la realización de las prácticas de laboratorio que así lo requieran

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La información contenida en esta guía es orientativa y por tanto es susceptible de modificación debido a erratas, omisiones, incidencias no previstas ocurridas durante el curso académico o si el correcto desarrollo de la asignatura así lo aconseja.