



POLITÉCNICA

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

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

**95000044 - Comunicaciones móviles**

### PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado En Ingenieria De Tecnologias Y Servicios De Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2018/19 - Segundo 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.....   | 3  |
| 6. Cronograma.....                               | 7  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 9  |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 12 |
| 9. Otra información.....                         | 13 |

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>Nombre de la asignatura</b>     | 95000044 - Comunicaciones moviles   |
| <b>No de créditos</b>              | 6 ECTS  |
| <b>Carácter</b>                    | Optativa  |
| <b>Curso</b>                       | Cuarto curso  |
| <b>Semestre</b>                    | Octavo semestre   |
| <b>Período de impartición</b>      | Febrero-Junio   |
| <b>Idioma de impartición</b>       | Castellano  |
| <b>Titulación</b>                  | 09TT - Grado en ingeniería de tecnologías y servicios de telecomunicacion |
| <b>Centro en el que se imparte</b> | 09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion           |
| <b>Curso académico</b>             | 2018-19   |

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                       | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b> | <b>Horario de tutorías *</b>                             |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------------|--|
| Luis Mendo Tomas<br>(Coordinador/a) | C-425           | luis.mendo@upm.es         | Sin horario.<br>Concertar cita por<br>correo electrónico |
| Jose Manuel Riera Salis             | C-430           | jm.riera@upm.es           | Sin horario.<br>Concertar cita por<br>correo electrónico |

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

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

- Señales y sistemas
- Señales aleatorias
- Teoría de la comunicación
- Radiocomunicaciones

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

El plan de estudios Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE-ST1 - Capacidad para 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 sistemas de transmisión

CE-ST2 - 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-ST5 - 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

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA257 - Comprender el funcionamiento de las diferentes modalidades de redes celulares

RA255 - Comprender el funcionamiento de la interfaz radio de los sistemas de comunicaciones móviles

RA258 - Conocer las especificaciones y el funcionamiento de los sistemas más representativos de Segunda, Tercera y Cuarta Generación

RA254 - Comprender los fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles

RA260 - Ser capaz de aprender de forma autónoma

RA261 - Tener creatividad en los aspectos técnicos relacionados con la asignatura

RA259 - Conocer el funcionamiento de herramientas de monitorización de la interfaz radio en sistemas de comunicaciones móviles

RA256 - Conocer las características de la propagación de ondas de radio en comunicaciones móviles y su impacto sobre el funcionamiento y el diseño de los sistemas

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura pretende que el alumno:

- Comprenda los fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles, y en particular en lo que respecta a la interfaz radio;
- Conozca de forma detallada el funcionamiento de los sistemas y de las tecnologías radio utilizadas actualmente;
- Practique el manejo de herramientas de medida y monitorización de la interfaz radio en redes móviles.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Introducción

- 1.1. Conceptos generales
- 1.2. Composición de un sistema de comunicaciones móviles
- 1.3. Clasificación. Bandas de frecuencias
- 1.4. Cobertura, calidad y capacidad
- 1.5. Visión general de los sistemas móviles

### 2. Fundamentos de la interfaz radio en comunicaciones móviles

- 2.1. Repaso de modelo energético
- 2.2. Modulaciones utilizadas en comunicaciones móviles
- 2.3. Codificación de canal en comunicaciones móviles
- 2.4. Acceso múltiple y multiplexación

### 3. Propagación en comunicaciones móviles

- 3.1. Caracterización
- 3.2. Revisión de modelos de cálculo de atenuación
- 3.3. Desvanecimiento por sombra
- 3.4. Desvanecimiento por multitrayecto. Diversidad. Distorsión.

### 4. Sistemas celulares clásicos

- 4.1. Concepto celular clásico
- 4.2. Arquitectura general. Funciones relacionadas con la movilidad

### 5. Sistema GSM

- 5.1. Organismos de estandarización. Generaciones de sistemas. Origen de GSM
- 5.2. Arquitectura de red. Entidades funcionales. Zonas e identidades
- 5.3. Interfaz radio. Canales. Estructura TDMA. Ráfagas
- 5.4. Modulación, codificación, entrelazado
- 5.5. Gestión de recursos radio
- 5.6. Protocolos. Gestión de canales radio, de movilidad y de la comunicación. Servicios
- 5.7. Evolución de GSM. EDGE

## 6. Sistema GPRS

- 6.1. Origen de GPRS. Diferencias respecto a GSM
- 6.2. Arquitectura de red
- 6.3. Interfaz radio. Canales. Estructura TDMA
- 6.4. Métodos de codificación
- 6.5. Protocolos. Gestión de recursos radio, de movilidad y de sesión

## 7. Sistemas celulares CDMA

- 7.1. Fundamentos de espectro ensanchado
- 7.2. Fundamentos de CDMA por secuencia directa
- 7.3. Características de los sistemas celulares CDMA

## 8. Sistema UMTS

- 8.1. Origen de UMTS. Tercera Generación
- 8.2. Arquitectura de red
- 8.3. Interfaz radio. Ensanchamiento espectral. Canales
- 8.4. Codificación, adaptación de tasa binaria, entrelazado, modulación
- 8.5. Gestión de recursos radio
- 8.6. Protocolos. Estados de conexión. Gestión de movilidad. Servicios

## 9. Fundamentos de evolución de la Tercera Generación

- 9.1. Transmisión OFDM
- 9.2. HARQ con combinación de retransmisiones
- 9.3. Adaptación al canal radio
- 9.4. Planificación de usuarios dependiente del canal
- 9.5. Transmisión multiantena (MIMO)

## 10. Sistema HSDPA

- 10.1. Origen de HSDPA. Diferencias respecto a UMTS
- 10.2. Modificaciones en la red
- 10.3. Canales físicos
- 10.4. Codificación, adaptación de tasa binaria, modulación
- 10.5. Gestión de recursos radio. Planificación de usuarios

10.6. Protocolos

10.7. HSDPA+

11. Sistema HSUPA

11.1. Origen de HSUPA. Diferencias respecto a UMTS

11.2. Modificaciones en la red

11.3. Canales físicos. Ensanchamiento

11.4. Codificación, adaptación de tasa binaria

11.5. Gestión de recursos radio

11.6. Protocolos

12. Sistema LTE

12.1. Origen de LTE. Evolución hacia la Cuarta Generación

12.2. Arquitectura de red

12.3. Interfaz radio. Canales

12.4. Codificación, adaptación de tasa binaria, entrelazado, modulación

12.5. Modos de transmisión multiantena (MIMO)

12.6. Gestión de recursos radio. Planificación de usuarios

12.7. Protocolos. Estados de conexión

12.8. LTE-Advanced

13. Prácticas de Laboratorio

13.1. Analizador de espectros

13.2. Interfaz radio I

13.3. Interfaz radio II

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad presencial en aula  | Actividad presencial en laboratorio  | Otra actividad presencial | Actividades de evaluación  |
|-----|---|--|---------------------------|--|
| 1   | <p><b>Presentación. Tema 1</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> |  |                           |  |
| 2   | <p><b>Tema 3</b><br/>Duración: 04:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |  |                           |  |
| 3   | <p><b>Tema 3</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 5</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>               |  |                           |  |
| 4   | <p><b>Tema 5</b><br/>Duración: 04:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |  |                           |  |
| 5   | <p><b>Tema 5</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   | <p><b>Práctica 1</b><br/>Duración: 02:00<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |                           |  |
| 6   | <p><b>Tema 6</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |  |                           |  |
| 7   | <p><b>Tema 7</b><br/>Duración: 04:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |  |                           | <p><b>Entrega de práctica</b><br/>OT: Otras técnicas evaluativas<br/>Evaluación continua y sólo prueba final<br/>Duración: 00:00</p> |
| 8   | <p><b>Tutorías previas al examen</b><br/>Duración: 00:00<br/>OT: Otras actividades formativas</p>   |  |                           | <p><b>Prueba de seguimiento</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación continua<br/>Duración: 02:00</p>              |

|    |  |   |  |  |
|----|--|---|--|--|
| 9  | <b>Tema 7</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Tema 8</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   | <b>Práctica 2</b><br>Duración: 03:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |  |  |
| 10 | <b>Tema 8</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |   |  | <b>Entrega de práctica</b><br>OT: Otras técnicas evaluativas<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>Duración: 00:00   |
| 11 | <b>Tema 8</b><br>Duración: 01:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Tema 9</b><br>Duración: 01:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   | <b>Práctica 3</b><br>Duración: 03:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |  |  |
| 12 | <b>Tema 9</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Tema 10</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   |  | <b>Entrega de práctica</b><br>OT: Otras técnicas evaluativas<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>Duración: 00:00   |
| 13 | <b>Tema 11</b><br>Duración: 01:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Tema 12</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |   |  |  |
| 14 | <b>Tema 12</b><br>Duración: 04:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   |  |  |
| 15 |  |   |  |  |
| 16 |  |   |  |  |
| 17 |  |   |  | <b>Prueba de seguimiento</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>Duración: 02:00<br><br><b>Examen final</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación sólo prueba final<br>Duración: 03:00 |

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 de práctica   | OT: Otras técnicas evaluativas      | No Presencial | 00:00    | 6.6%            | / 10        | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| 8    | Prueba de seguimiento | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial    | 02:00    | 40%             | 3 / 10      | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| 10   | Entrega de práctica   | OT: Otras técnicas evaluativas      | No Presencial | 00:00    | 6.7%            | / 10        | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| 12   | Entrega de práctica   | OT: Otras técnicas evaluativas      | No Presencial | 00:00    | 6.7%            | / 10        | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| 17   | Prueba de seguimiento | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial    | 02:00    | 40%             | 3 / 10      |                            |

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción         | Modalidad                           | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas     |
|-----|---------------------|-------------------------------------|---------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|
| 7   | Entrega de práctica | OT: Otras técnicas evaluativas      | No Presencial | 00:00    | 6.6%            | / 10        | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| 10  | Entrega de práctica | OT: Otras técnicas evaluativas      | No Presencial | 00:00    | 6.7%            | / 10        | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| 12  | Entrega de práctica | OT: Otras técnicas evaluativas      | No Presencial | 00:00    | 6.7%            | / 10        | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| 17  | Examen final        | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial    | 03:00    | 80%             | 4 / 10      | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción         | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas     |
|---------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|
| Entrega de práctica | OT: Otras técnicas evaluativas      | Presencial | 00:00    | 6.6%            | / 10        | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| Entrega de práctica | OT: Otras técnicas evaluativas      | Presencial | 00:00    | 6.6%            | / 10        | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| Entrega de práctica | OT: Otras técnicas evaluativas      | Presencial | 00:00    | 6.7%            | / 10        | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |
| Examen final        | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00    | 80%             | 4 / 10      | CE-ST2<br>CE-ST1<br>CE-ST5 |

## 7.2. Criterios de evaluación

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 la página de Moodle de la asignatura la tarea titulada "Renuncia a la evaluación continua" antes de la semana 5 del semestre (la fecha concreta se anunciará en 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.

La calificación de la asignatura mediante **evaluación continua** se realizará del siguiente modo:

**40% del primer control de seguimiento de la asignatura +**

**20% del trabajo personal en laboratorio y entrega de prácticas +**

### **40% del segundo control de seguimiento de la asignatura**

La **nota mínima** de cada prueba de seguimiento es **3**. Además, la **nota mínima** de la media de las dos pruebas es **4**.

La calificación mediante **prueba final** se obtendrá de acuerdo a la siguiente fórmula:

**20% nota de laboratorio +**

**80% nota examen final**

La **nota mínima** del examen final es **4**.

Para todos los alumnos que tengan que acudir al examen **extraordinario** de la asignatura la calificación final se obtendrá como:

**20% nota de laboratorio +**

**80% nota examen final**

La **nota mínima** del examen extraordinario es **4**.

**Liberación del bloque de prácticas:** la nota de laboratorio se mantiene durante todas las convocatorias del curso actual, y en su caso, si el estudiante lo desea, del curso siguiente.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre   | Tipo         | Observaciones                     |
|--|--------------|-----------------------------------|
| José María Hernando, Luis Mendo, José Manuel Riera. Comunicaciones Móviles. Editorial Universitaria Ramón Areces, tercera edición, 2015.           | Bibliografía | Libro de texto de la asignatura   |
| D. Tse, P. Viswanath. Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge University Press, 2005.  | Bibliografía |                                   |
| Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld y Per Beming. 3G Evolution. HSPA and LTE for Mobile Broadband. Academic Press, segunda edición, 2008.   | Bibliografía |                                   |
| Erik Dahlman, Stefan Parkvall y Johan Sköld. 4G. LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. Academic Press, 2011                                       | Bibliografía |                                   |
| Oriol Sallent y Jordi Pérez Fundamentos de diseño y gestión de sistemas de comunicaciones móviles celulares. Iniciativa Digital Politécnica, 2014. | Bibliografía |                                   |
| Harri Holma y Anti Toskala (editores). WCDMA for UMTS, 5ª edición. John Wiley and sons, 2010.  | Bibliografía |                                   |
| <a href="http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales">http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales</a>  | Recursos web | Página de la asignatura en Moodle |

|   |              |  |
|---|--------------|--|
| Chris Johnson. "Radio Access Networks for UMTS". John Wiley and sons, 2008. | Bibliografía |  |
|---|--------------|--|

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Las semanas de realización de las prácticas están sujetas a la organización de los laboratorios docentes, en coordinación con otras asignaturas. En caso de haber cambios se avisarán con antelación.