



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



## GUÍA DE APRENDIZAJE

# REDES MÓVILES PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN

MÁSTER EN INGENIERÍA DE RADIOFRECUENCIA

|                                         |                                          |       |          |             |                 |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------|----------|-------------|-----------------|
| CURSO ACADÉMICO                         | CÓDIGO                                   | CURSO | CRÉDITOS | CARÁCTER    | SEMESTRE        |
| 2026-27                                 | 93001362                                 | 1     | 3 ECTS   | OBLIGATORIA | PRIMER SEMESTRE |
|                                         |                                          |       |          |             |                 |
| IDIOMA                                  | CENTRO RESPONSABLE                       |       |          |             |                 |
| ESPAÑOL                                 | E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION |       |          |             |                 |
|                                         |                                          |       |          |             |                 |
| DEPARTAMENTO RESPONSABLE                |                                          |       |          |             |                 |
| SEÑALES, SISTEMAS Y RADIOCOMUNICACIONES |                                          |       |          |             |                 |

## COORDINADOR/A

**LUIS MENDO TOMÁS** - luis.mendo@upm.es

## REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

## CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

OTRAS RECOMENDACIONES

- Fundamentos de comunicaciones móviles
- Fundamentos de propagación de ondas de radio
- Fundamentos de comunicaciones digitales
- Conocimientos de arrays de antenas y sistemas MIMO
- Conocimientos de Matlab

## RESULTADOS

RD-822/2021

### Competencias

- C4** Formular juicios sobre las implicaciones éticas, sociales y medioambientales asociadas a la investigación y desarrollo de tecnologías de radiofrecuencia.

### Conocimientos

- K6** Conocer los fundamentos y arquitecturas de las comunicaciones inalámbricas avanzadas, sus estándares y su relación conceptual con los sistemas de radiofrecuencia.

### Habilidades o destrezas

- S4** Analizar el comportamiento de sistemas de comunicaciones inalámbricas mediante modelos de propagación, técnicas de modulación y evaluación de desempeño.

## DESCRIPCIÓN

El contenido del curso es el siguiente:

- Conceptos básicos sobre los sistemas modernos de comunicaciones móviles (propagación multirrayecto; tecnologías utilizadas en la interfaz de radio)
- Visión general de los sistemas LTE, NR y sucesivos (descripción centrada en la interfaz de radio)
- Técnicas utilizadas en planificación radio y optimización de los sistemas modernos de comunicaciones móviles:
  - Basadas en simulación (nivel de enlace; nivel de sistema).
  - Basadas en datos (datos de red; datos crowdsourced).

## TEMARIO

### 1. Introducción

- 1.1. Conceptos básicos sobre las comunicaciones móviles
- 1.2. Evolución de los sistemas de comunicaciones móviles. Generaciones de tecnologías

## 2. Fundamentos de los sistemas modernos de comunicaciones móviles

- 2.1. Propagación multitrayecto
- 2.2. Efectos de distorsión producidos por multitrayecto. OFDM
- 2.3. Descripción general de MIMO: diversidad y multiplexación espacial
- 2.4. Adaptación de enlace
- 2.5. Planificación de usuarios oportunista

## 3. LTE, LTE-A: descripción del sistema

- 3.1. Origen de LTE. Objetivos de diseño
- 3.2. Arquitectura de red
- 3.3. Interfaz radio. Características generales
- 3.4. Canales en la interfaz radio
- 3.5. Capa física. Transmisión MIMO
- 3.6. Gestión de recursos radio

## 4. NR: descripción del sistema

- 4.1. Origen de NR. Objetivos de diseño
- 4.2. Arquitectura de red
- 4.3. Interfaz radio. Características generales
- 4.4. Canales en la interfaz radio
- 4.5. Capa física. Transmisión MIMO
- 4.6. Gestión de recursos radio

## 5. Planificación radio

- 5.1. Planificación radio. Simulación
- 5.2. Planificación aproximada. Balance de enlace. Capacidad

**6. Aspectos de nivel de enlace**

- 6.1. Interfaz enlace-sistema en sistemas OFDM
- 6.2. Modelos de canal multirrayecto
- 6.3. Simulación de enlace
- 6.4. Algoritmos de adaptación de enlace

**7. Aspectos de nivel de sistema**

- 7.1. Simulaciones de Monte Carlo
- 7.2. Simulación de sistema
- 7.3. Algoritmos de planificación de usuarios
- 7.4. Técnicas de reutilización de frecuencias. Coordinación de interferencias
- 7.5. Optimización de redes

**8. Visión general de los futuros sistemas 6G**

- 8.1. Visión, requisitos y escenarios de uso definidos por la UIT. Capacidades
- 8.2. Trabajos de estandarización en curso en 3GPP. Previsiones
- 8.3. Tecnologías habilitantes en el ámbito de la radio

## ACTIVIDADES



Actividad evaluable



Actividad formativa

Pág. 5 / 8

**Clases magistrales**

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

28h 00m

LUGAR

Aula (en horario)

GRUPO

Normal

TEMAS

T1

T2

T3

T4

T5

T6

T7

T8

METODOLOGÍA

Lección Magistral

## PLANIFICACIÓN SEMANAL

 Actividad evaluable

 Actividad formativa

 Semana con actividad

E

 Período de exámenes

| Actividad                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | E |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|---|
|  Entrega de trabajo individual: juicio crítico sobre artículo seleccionado |   |   |   |   |   |   |   |   |   | •  | •  | •  | •  |    |    |   |
|  Entrega de trabajo individual: trabajo sobre un tema seleccionado       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | •  | •  | •  | •  |    |    |   |
|  Examen                                                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | • |
|  Clases magistrales                                                      | • | • | • | • | • | • | • | • | • | •  | •  | •  | •  |    |    |   |

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

### Criterios Generales

La evaluación se basará en las siguientes actividades obligatorias. Esto se aplica tanto a la evaluación continua como a la evaluación final y al examen extraordinario. La calificación final será un promedio ponderado con los pesos indicados.

1. Análisis crítico de un artículo seleccionado: 15%.  
El estudiante deberá entregar un resumen y análisis crítico de uno de los artículos o documentos proporcionados durante el curso, o de otro de su elección.
2. Trabajo del estudiante sobre un tema específico: 20%.  
El estudiante deberá realizar un trabajo práctico y entregar un resumen de los resultados. El trabajo puede consistir en realizar simulaciones o en estudiar un tema en profundidad y entregar un documento que aborde

detalles adicionales no tratados en el curso.

El tema se seleccionará de una lista proporcionada por el profesor, o bien será elegido por el estudiante según sus intereses.

3. Examen final: 65%. Calificación mínima: 4.0.

Examen escrito sobre los contenidos del curso.

## Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

### Criterios de evaluación

Se aplican los criterios generales indicados anteriormente

#### Actividades

- Entrega de trabajo individual: juicio crítico sobre artículo seleccionado (15%)
- Entrega de trabajo individual: trabajo sobre un tema seleccionado (20%)
- Examen (65%)

## Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

### Criterios de evaluación

Se aplican los criterios generales indicados anteriormente

#### Actividades

- Entrega de trabajo individual: juicio crítico sobre artículo seleccionado (15%)
- Entrega de trabajo individual: trabajo sobre un tema seleccionado (20%)
- Examen (65%)

## Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

### Criterios de evaluación

Se aplican los criterios generales indicados anteriormente

#### Actividades

- Entrega de trabajo individual: juicio crítico sobre artículo seleccionado (15%)
- Entrega de trabajo individual: trabajo sobre un tema seleccionado (20%)
- Examen (65%)

## RECURSOS

### Bibliografía

Dahlman, 2014

Tse, 2015

Johnson, 2012

Sesia, 2011

Holma, 2011

Rappaport, 2015

Wygliniski, 2010

Artículos disponibles en la página de Moodle de la asignatura

## Equipamiento

Mathworks, 2026

## Bibliografía

Dahlman, 2018

Johnson, 2019

## OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Industria, innovación e  
infraestructura