



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

93000921 - Técnicas De Optimización En Radiofrecuencia

PLAN DE ESTUDIOS

09AT - Master Universitario En Teoria De La Señal Y Comunicaciones

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer 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..... | 5 |
| 7. Actividades y criterios de evaluación..... | 8 |
| 8. Recursos didácticos..... | 11 |

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|--|
| Nombre de la asignatura | 93000921 - Técnicas de Optimización en Radiofrecuencia |
| No de créditos | 3 ECTS |
| Carácter | Optativa |
| Curso | Primer curso |
| Semestre | Primer semestre |
| Período de impartición | Septiembre-Enero |
| Idioma de impartición | Inglés/Castellano |
| Titulación | 09AT - Master Universitario en Teoría de la Señal y Comunicaciones |
| Centro responsable de la titulación | 09 - E.T.S. De Ingenieros De Telecomunicacion |
| Curso académico | 2025-26 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|--|-----------------|---------------------------|--|
| Jaime Esteban Marzo (Coordinador/a) | B-420 | jaime.esteban@upm.es | Sin horario. Booked appointment by e- mail is encouraged. |

* 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

- Fundamentos De Optimización

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Circuit Theory, Matrix representation of multiports, Transmission lines.
- Linear systems, Fourier transform and FFT.
- A working knowledge of MATLAB.
- Fundamentals of microwave passive and active circuits.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB06 - 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

CB07 - 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

CB08 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB09 - 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

CB10 - 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

CE01 - Analizar y aplicar técnicas para el diseño y desarrollo avanzado de equipos y sistemas, basándose en la teoría de la señal y las comunicaciones, en un entorno internacional

CE03 - Valorar y contrastar la utilización de las diferentes técnicas disponibles para la resolución de problemas reales dentro del área de teoría de la señal y comunicaciones.

CT01 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios en lengua inglesa

CT04 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo

CT06 - Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos

4.2. Resultados del aprendizaje

RA3 - Conocer técnicas avanzadas de optimización para equipos y dispositivos de RF.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

The analysis and design of radiofrequency circuits and subsystems by means of electromagnetic and circuit simulators requires solving global optimization problems, often of noisy and costly functions. We will review the better-known heuristic methods, such as simulated annealing, genetic algorithms and evolution strategies. The use of surrogate models will be also dealt with, by reviewing the Space Mapping technique.

Because of the eminently practical character of the course, all these topics will be illustrated by practical projects, where students will optimize different radiofrequency subsystems and components.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introduction

- 1.1. Optimization software. Matlab, toolboxes and functions.
- 1.2. Examples and exercises.

2. RF and microwave network optimization

- 2.1. Modelling. Definition of the optimization problem. The search space.
- 2.2. Objective functions. Constraints.
- 2.3. Yield optimization. Monte Carlo analysis. Latin hypercube.
- 2.4. Examples and exercises.

3. Nonlinear microwave network analysis

- 3.1. Linear and nonlinear subnetworks. Parametric description of nonlinear devices.
- 3.2. Harmonic Balance method.
- 3.3. Balance equation. Solution by optimization. The use of the Jacobian.
- 3.4. Autonomous circuits.
- 3.5. Examples and exercises.

4. Global optimization. Noisy and costly functions.

- 4.1. Computational effort and numerical error in electromagnetic simulators.
- 4.2. Simulated annealing.
- 4.3. Genetic algorithms and evolution programs.
- 4.4. Other heuristic techniques.
- 4.5. Examples and exercises.

5. Surrogate models and the Space Mapping technique

- 5.1. Introduction to surrogate models.
- 5.2. Space mapping for the optimization of microwave circuits.
- 5.3. Examples and exercises.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

| Sem | Actividad tipo 1 | Actividad tipo 2 | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|---|------------------|----------------|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | <p>Optimization software. Matlab, toolboxes and functions. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Examples and exercises Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>RF and microwave network optimization. Modelling. Definition of the problem. The search space. Objective functions. Constraints. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Examples and exercises Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | <p>Short project TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p> |
| 9 | <p>Yield optimization. Monte Carlo analysis. Latin hypercube. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Examples and exercises Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Nonlinear Network Analysis. Linear and nonlinear subnetworks. Parametric description of non-linear devices. Harmonic Balance method. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Examples and exercises Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |

| | | | | |
|----|--|--|--|---|
| 10 | <p>Balance equation. Solution by optimization. Use of the Jacobian. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Examples and exercises Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Short quiz or exercise Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | | | <p>Short project TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p> <p>Short quiz or exercise EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> |
| 11 | <p>Global optimization. Noisy and costly functions. Computational effort and numerical error in electromagnetic simulators. Global optimization. Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Examples and exercises Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Simulated annealing. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Examples and exercises Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | <p>Short project TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p> |
| 12 | <p>Genetic algorithms and evolution programs. Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Short quiz or exercise Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> <p>Examples and exercises Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | <p>Short quiz or exercise EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> |
| 13 | <p>Other heuristic techniques. Duración: 00:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Examples and exercises Duración: 01:15 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Surrogate models and the Space Mapping Technique. Introduction to surrogate models. Space mapping for microwave circuits. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | <p>Short project TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p> |

| | | | | |
|----|---|--|--|---|
| 14 | Examples and exercises Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | Short project TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00 |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | Short project TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Global Presencial Duración: 02:00 Short questions exam EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 01:00 |

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.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|------------------------|---|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 8 | Short project | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 00:00 | 15% | 0 / 10 | CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT04 CT06 CE01 CE03 |
| 10 | Short project | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00 | 20% | 0 / 10 | CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT04 CT06 CE01 CE03 |
| 10 | Short quiz or exercise | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 00:00 | 10% | 0 / 10 | CT01 CE01 CE03 |
| 11 | Short project | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00 | 10% | 0 / 10 | CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT04 CT06 CE01 CE03 |

| | | | | | | | |
|----|------------------------|---|---------------|-------|-----|--------|--|
| 12 | Short quiz or exercise | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 00:00 | 10% | 0 / 10 | CT01 CE01 CE03 |
| 13 | Short project | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00 | 10% | 0 / 10 | CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT04 CT06 CE01 CE03 |
| 14 | Short project | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 00:00 | 25% | 0 / 10 | CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT04 CT06 CE01 CE03 |

7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|----------------------|---|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 17 | Short questions exam | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 01:00 | 20% | 2 / 10 | CT01 CE01 CE03 |
| 17 | Short project | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 02:00 | 40% | 4 / 10 | CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT04 CT06 CE01 CE03 |

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|----------------------|---|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| Short questions exam | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 01:00 | 20% | 2 / 10 | CT01 CE01 CE03 |
| Project | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 02:00 | 40% | 4 / 10 | CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT04 CT06 CE01 CE03 |

7.2. Criterios de evaluación

The assessment will be progressive, and will consist of a series of short projects (80% of the final grade), some to be carried out individually and others in groups, together with short tests (20%).

The completion of the projects is essential to develop skills CE01, CE03 and, above all, CT04 and CB06, so 50% of them (those elaborated in groups) are considered non-recoverable activities.

Progressive assessment

A series of five short projects will be assigned throughout the semester that involve the development of Matlab computer code to simulate and optimize basic RF circuits or subsystems. In addition, two short tests or exercises will be proposed, to be carried out during class time.

The optional global exam will make it possible to recover the grade of the short tests (20%) and, by means of a new short project, part of the grade of the individual projects failed or not submitted during the course (up to 40%). It is not possible to recover the rest of the grade of the short projects in the final exam due to their aforementioned non-recoverable nature.

Extraordinary examination

The extraordinary exam will be similar to the global exam. The statement of the project of the extraordinary exam will be provided three school days in advance. Therefore, students interested in taking this exam must inform the subject coordinator at least one week before the exam date.

Evaluation will assess if students have acquired all the competences of the subject. Thus, evaluation through global or extraordinary examination will be carried out considering all the evaluation techniques used in progressive evaluation.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre | Tipo | Observaciones |
|---|--------------|---------------|
| Maas, Stephen A. Nonlinear microwave and RF circuits. Artech House, 2003, Chap 3. | Bibliografía | |
| Dréo, Johann, et al. Metaheuristics for hard optimization: methods and case studies. Springer Science & Business Media, 2006. | Bibliografía | |
| Michalewicz, Zbigniew. Genetic algorithms+ data structures= evolution programs. Springer Science & Business Media, 1996. | Bibliografía | |
| Michalewicz, Zbigniew, and David B. Fogel. How to solve it: modern heuristics. Springer Science & Business Media, 2000. | Bibliografía | |

| | | |
|---|--------------|--|
| Bandler, John W., and Shao Hua Chen. "Circuit optimization: the state of the art," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 36, No. 2, 1988, pp. 424-443. | Bibliografía | |
| Bakr, Mohamed H. "Advances in space mapping optimization of microwave circuits," PhD. Thesis, 2000. https://macsphere.mcmaster.ca/handle/11375/7119 | Bibliografía | |
| Moodle course of the subject at: https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales | Recursos web | |
| Institutional license for Matlab and its toolboxes | Otros | |