



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

**93000803 - Antenas**

PLAN DE ESTUDIOS

09AQ - Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicacion

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2017-18 - 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 .....	4
6. Cronograma .....	7
7. Actividades y criterios de evaluación .....	10
8. Recursos didácticos .....	13

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1 Datos de la asignatura

<b>Nombre de la Asignatura</b>	93000803 - Antenas
<b>Nº de Créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09AQ - Master Universitario en Ingenieria de Telecomunicacion
<b>Centro en el que se imparte</b>	Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Curso Académico</b>	2017-18

## 2. Profesorado

---

### 2.1 Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías*</b>
Manuel Sierra Perez (Coordinador/a)	c-418	manuel.sierra.perez@upm.es	M - 10:00 - 11:00
Belen Galocha Iraguen	C-410	belen.galocha@upm.es	L - 13:00 - 14:00
Jose Luis Fernandez Jambrina	C-419	j.fdez.jambrina@upm.es	X - 13:00 - 14:00
Manuel Sierra Castañer	C-410	manuel.sierra@upm.es	L - 16:00 - 17:00

Jose Manuel Fernandez Gonzalez	C-416	josemanuel.fernandez.gonzalez@upm.es	J - 16:00 - 17:00
Jose Antonio Encinar Garcinuño	B-414	jose.encinar@upm.es	X - 16:00 - 17:00

\* 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

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicacion no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- It is recommended to know Matlab programming
- It is recommended to know basic concepts about antennas, radiated fields, electromagnetic waves and basic antenna parameters.

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1 Competencias que adquiere el estudiante al cursar la asignatura

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

CE5 - Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.

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.

CG3 - 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.

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.

CT1 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios en lengua inglesa.

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.

## 4.2 Resultados del aprendizaje al cursar la asignatura

RA51 - Conocimiento y caracterización de los elementos de los sistemas de alta frecuencia

RA99 - Elaborar documentos y preparar presentaciones para difundir los resultados del proyecto de innovación.

RA50 - Capacidad de evaluar, diseñar y analizar antenas asociadas a sistemas de comunicaciones o de radiolocalización

RA52 - Capacidad de evaluar, diseñar y analizar los subsistemas de RF asociadas a sistemas de comunicaciones

RA120 - Conocer los aspectos básicos de las tecnologías utilizadas en los sistemas de comunicaciones móviles

RA10 - Saber realizar una presentación de carácter técnico, ante una audiencia de pares, que describa el trabajo realizado y sus resultados, de forma clara y bien estructurada, en el tiempo establecido, y usando un lenguaje preciso

RA209 - Conocer los sistemas de medida de antenas y sus limitaciones

RA119 - Conocimiento de técnicas avanzadas utilizadas en las Tecnologías de Acceso Radio

RA134 - Manejar con soltura las bases de álgebra lineal y cálculo infinitesimal necesarias para formular problemas de optimización.

RA76 - Habilidad de comunicación oral y escrita

RA208 - Conocer las bases de diseño de los sistemas de multiples antenas (MIMO)

RA212 - Tener capacidad de diseño de sistemas de medida de antena en campo proximo

RA210 - Tener capacidad de diseño de agrupaciones de antenas (arrays) tanto activos como pasivos

RA207 - Tener capacidad de diseño de antenas para sistemas de comunicaciones y radar

RA211 - Conocer los algoritmos matemáticos de los sistemas adaptativos de antena

RA206 - Conocer y evaluar los distintos tipos de antenas en función de sus especificaciones

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1 Descripción de la asignatura

This course provides solid formation in advanced knowledge about antenna technology. It put special emphasis on new aperture antennas, smart antennas and antenna measurement systems in far field and near field. These techniques covers both theoretical and practical design aspects. With this goal, the students obtain the knowledge needed to perform antenna analysis and design in the most recent antenna technology and using commercial of self-made software. The course learning methods are base in student work and projects implementation with the help of the professors. All the course classes are referred to practical antenna and radio electronic systems. Several antenna design and optimisation are presented in the classroom. Software allowed by the SSR department is used to perform practical analysis both by the professors and for practical student projects. Several student oral presentations of the work done allow professors and the rest of the students to learn and evaluate individual analysis and design projects.

## 5.2 Temario de la asignatura

1. Printed and multi band antennas
  - 1.1. Overview of wide band and multi band antennas
  - 1.2. Analysis and design methods for wide band antennas,
  - 1.3. Printed and resonant multiband antennas
2. Aperture antennas.
  - 2.1. Reflector antenna design. Sum and difference patterns
  - 2.2. Multi-fed reflector antennas. Conformal and multi beam patterns.
  - 2.3. Lens antennas.
  - 2.4. Antenna feeders for reflector and lenses
3. Planar and conformal arrays
  - 3.1. Linear and planar array analysis.
  - 3.2. Linear and planar array synthesis.
  - 3.3. Conformal array analysis and design
  - 3.4. Array feeding networks. Passive and active antenna arrays.
4. Smart and adaptive antennas
  - 4.1. Phased arrays and multi beam antennas
  - 4.2. Adaptive antennas
  - 4.3. Adaptive algorithms for non stationary processes
  - 4.4. Detection of arrival in antenna arrays
5. Reflect-array and transmit-array antennas
  - 5.1. Analysis and design of transmit-array antennas
  - 5.2. Design of reflect-array cells and reflect-array antennas
  - 5.3. Bandwidth improvement of reflect arrays
  - 5.4. Contoured beam and dual reflect arrays
  - 5.5. Reconfigurable and beam scanning reflect arrays
6. Far field and near field antenna measurements
  - 6.1. Far field measurement systems.

6.2. Near field measurement systems. Planar, cylindrical and spherical systems.

6.3. Design of anechoic chamber antenna measurement system.

6.4. Near to far field transformation algorithms.

6.5. Source reconstruction



## 6. Cronograma

### 6.1 Cronograma de la asignatura\*

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades de Evaluación
1	<p><b>Course introduction. Student projects presentation.</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p><b>Basic antenna parameters overview</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Topic 1. Printed and multi band antenna. Printed resonant antennas</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Topic 1. Printed and multi band antennas. Wide band printed antennas</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Introduction to CST Microwave software</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
3	<p><b>Topic 1. Printed and multi band antennas. Wideband and multiband antennas in commercial software</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Topic 2. Aperture antennas. The parabolic reflector. Sum and difference patterns.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>Topic 2. Aperture antennas. Multifeed reflector antennas. Conformal field pattern.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Reflector antenna evaluation. Gain and pattern in reflector antennas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
5	<p><b>Topic 2. Aperture antennas. Reflector antenna feeders.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Student work presentation. Specification, initial design and references for the selected project.</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Duración: 02:00</p>
6	<p><b>Topic 3 Planar and conformal arrays. Array analysis models.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Topic 3. Planar and conformal arrays. Linear and planar array synthesis.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Topic 3. Planar and conformal arrays.</b></p>			

	<p><b>Conformal arrays.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p><b>Topic 3. Planar and conformal arrays. Array feeding structures.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Design application for radar conformal array antenna.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
8	<p><b>Topic 4. Smart and adaptive antennas. Phased arrays and multi beam antennas.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Topic 4. smart and adaptive antennas. Adaptive antennas.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p><b>Topic 4. Smart and adaptive antennas. DoA array systems.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Topic 5. Reflectarray and transmit array antennas. Transmitarray analysis and design.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10		<p><b>Topic 5. Reflectarray and transmit array antennas. Design of reflect array cells with software.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Student work presentation. Final design and software developments for analysis and design.</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Duración: 02:00</p>
11	<p><b>Topic 5. Reflectarray and transmit array antennas. Reconfigurable and beam scanning reflect arrays.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Design and characterisation of reflect array with software.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
12	<p><b>Topic 6. Far field and near field antenna measurements. Far field measurement systems.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Anechoic chamber design. Visiting at the anechoic chamber..</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
13	<p><b>Topic 6. Far field and near field antenna measurement. Near field measurements.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Far field system facilities visiting.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
14	<p><b>Topic 6. Far field and near field antenna measurement. Source reconstruction techniques.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Student work presentation. Final presentation for the course projects.</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Duración: 04:00</p>
15				<p><b>Course work presentation about the analysis and design of the antenna system.</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final Duración: 00:30</p>

16				
17				<b>Final exam. Presentation of the course project and theoretical questions.</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación sólo prueba final Duración: 04:00

\* 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
5	Student work presentation. Specification, initial design and references for the selected project.	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	02:00	25%	3 / 10	CT1 CE5 CT3 CG5 CE2 CT4 CG3 CG4
10	Student work presentation. Final design and software developments for analysis and design.	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	02:00	25%	3 / 10	CT1 CE5 CT3 CG5 CE2 CT4 CG1 CG3 CG4 CG2 CT5
14	Student work presentation. Final presentation for the course projects.	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	04:00	50%	3 / 10	CT1 CE5 CT3 CG5 CE2 CT4 CG1 CG3 CG4 CG2 CT5

#### 7.1.2 Evaluación sólo prueba final

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
------	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

15	Course work presentation about the analysis and design of the antenna system.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:30	50%	3 / 10	CT1 CE5 CT3 CG5 CE2 CT4 CG1 CG3 CG4 CG2 CT5
17	Final exam. Presentation of the course project and theoretical questions.	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	04:00	50%	3 / 10	CE5 CT1 CT3 CG5 CE2 CT4 CG1 CG3 CG4 CG2 CT5

### 7.1.3 Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2 Criterios de Evaluación

The course evaluation is based on a design and analysis of a practical antenna application. The project goal must be related to a specific radio communication or similar system. Each student is asked to select one project among a list and different from the rest of the students.

Along the course the students are asked to write a memory and give a presentation about three parts:

- Presentation of the goal, specification, related system and first antenna design based on the bibliographic references.
- Analysis of the antenna performance, design depuration and evaluation based on some personal software made in Matlab.
- Final análisis and parameter adjust based on some commercial software supported by the university.

The final memory must be presented with all the development process in a no more than 25 pages report.

Students that refuse the continuous evaluation or could not attend the three face to face presentations of the work, must choose also a design project to perform along the course and do a final oral presentation and written report. Both the presentation and the report must distinguish the three parts about the work.

Professors have the right to ask questions about the project and about the course program in any of the oral presentations. They may also ask for written clarification about any aspect related to the project reports. All these answers may be part of the evaluation of the course.

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 communicate this intention through an official written form in the Administration Office of the Center to the coordinator before the fourth week of the course.

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 examination method.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1 Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Antenna Handbook-Lo	Bibliografía	Design general book
Antenna analysis and design. Balanis	Bibliografía	General teaching book
Mailloux. Antenna arrays	Bibliografía	Libro de arrays de antenas
"Reflectarray Antennas" J. Huang, J. A. Encinar	Bibliografía	2008, Wiley-IEEE Press
CST	Otros	Electromagnetic simulator software
Matlab	Otros	General mathematic application software
Anechoic Chamber	Equipamiento	Antenna measurement system in an anechoic chamber
Informatic classroom	Equipamiento	Classroom with personal computers for practical work