



POLITÉCNICA

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**53000551 - Alta tension y coordinacion de aislamiento**

### PLAN DE ESTUDIOS

05BE - Master Universitario en Ingenieria Electrica

### 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.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	10

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53000551 - Alta tension y coordinacion de aislamiento
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Basica
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05BE - Master universitario en ingenieria electrica
<b>Centro en el que se imparte</b>	05 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales
<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> *
Julio Martinez Malo (Coordinador/a)	1.2	julio.martinezm@upm.es	Sin horario.
Rafael Asensi Orosa	1.4	rafael.asensi@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. Conocimientos previos recomendados

---

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

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

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

- Teoría de circuitos y Sistemas de Energía Eléctrica a Nivel de Grado
- Medidas eléctricas
- Teoría de campos electromagnéticos

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE03 - Aplicar los conocimientos adquiridos en los métodos de cálculo de campos electromagnéticos para identificar, formular y resolver problemas en la simulación y el diseño de las máquinas eléctricas y de los equipos e instalaciones eléctricas de alta tensión

CE05 - Tener la capacidad necesaria para analizar los transitorios electromagnéticos derivados de maniobras, faltas o incidencias externas.

CE09 - Aplicar los conocimientos adquiridos para establecer procedimientos de mantenimiento predictivo de máquinas y equipos eléctricos

CG01 - Haber demostrado unos conocimientos y una comprensión que se basa en el nivel típicamente asociado a los grados y lo superan y mejoran y que les proporcionan una base o una oportunidad para la originalidad en el desarrollo i/o aplicación de ideas, a menudo en el contexto de la Investigación.

CG02 - Ser capaces de aplicar sus conocimientos y su comprensión, así como sus habilidades para resolver problemas, en entornos nuevos o no familiares y en contextos amplios (multidisciplinarios) relativos a su campo de estudio

CG03 - Tener habilidad de integrar conocimientos y de afrontar la complejidad y también de formular juicios a partir de información incompleta o limitada, pero que incluye reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas ligadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CG04 - Ser capaces de comunicar sus conclusiones, y los conocimientos y el marco conceptual en que se basan, tanto a audiencias expertas como no expertas y de manera clara y sin ambigüedades.

CG05 - Haber desarrollado habilidades de aprendizaje que les permitan continuar los estudios de manera ampliamente autodirigida o autónoma

CT01 - Uso de la lengua inglesa

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA9 - Capacidad para el análisis de los transitorios electromagnéticos en sistemas de energía eléctrica

RA12 - Capacidad para el análisis y diseño de sistemas eléctricos en situaciones nuevas debidas a: generación distribuida, ferrocarriles para trenes de alta velocidad, etc

RA8 - Capacidad para el diseño de los aislamientos de los componentes de las instalaciones eléctricas de alta tensión

RA10 - Capacidad para el análisis y diseño de líneas y cables de transmisión en sistemas de energía eléctrica.

RA7 - Capacidad para realizar o supervisar ensayos dieléctricos en los laboratorios de alta tensión

RA6 - Capacidad para determinar el valor de la intensidad del campo eléctrico en configuraciones electrónicas sencillas. Capacidad para entender el funcionamiento de los programas comerciales de cálculo de campos eléctricos

RA11 - Capacidad para el análisis y dimensionamiento de subestaciones de los sistemas de energía eléctrica

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Campos eléctricos. Ecuaciones fundamentales.
2. Cálculo de campos a partir de cargas elementales.
3. Cálculo de campos por resolución directa de la ecuación de Laplace.
4. Cálculo de campos por el método de cargas equivalentes.
5. Cálculo de campos por el método de elementos finitos.
6. Transitorios en sistemas de energía eléctrica.
  - 6.1. Clasificación y características de las sobretensiones.
  - 6.2. Distribución estadística de las sobretensiones.
  - 6.3. Formas de onda normalizadas para ensayos de tensión soportada normalizada.
7. Aislamiento eléctrico en sistemas de energía eléctrica
  - 7.1. Tipos de aislantes eléctricos.
  - 7.2. Mecanismos de descarga eléctrica en distintos tipos de aislantes. Efecto corona
  - 7.3. Ensayos de aislamiento y tensiones soportadas normalizadas.
  - 7.4. Nuevas tecnologías de medida y diagnóstico.
8. Protección frente a sobretensiones eléctricas. Dispositivos de protección. Pararrayos.
  - 8.1. Puestas a tierra de las instalaciones eléctricas.
  - 8.2. Apantallamiento de líneas y subestaciones. Modelo electro-geométrico.
  - 8.3. Características de los dispositivos de protección.
  - 8.4. Criterios de selección de pararrayos.

9. Simulación numérica de transitorios en electromagnéticos en sistemas de energía eléctrica.
  - 9.1. Establecimiento de modelos según el régimen de funcionamiento.
  - 9.2. Algoritmos de cálculo con elementos de parámetros concentrados y parámetros distribuidos.
  - 9.3. Líneas y cables de transmisión. Variación de los parámetros con la frecuencia. Ecuaciones de Carson.
  - 9.4. Sistemas con elementos no lineales. Resonancia en circuitos no lineales. Ferroresonancia.
  - 9.5. Análisis de transitorios en sistemas de control. Algoritmos de cálculo del régimen permanente.
10. Cálculo numérico de sobretensiones eléctricas.
  - 10.1. Sobretensiones temporales.
  - 10.2. Sobretensiones por maniobra de líneas.
  - 10.3. Sobretensiones por maniobra de baterías de condensadores y corte de pequeñas corrientes inductivas.
  - 10.4. Tensión Transitoria de restablecimiento. Especificación de interruptores de alta tensión.
  - 10.5. Sobretensiones transmitidas a través de los devanados de transformadores.
  - 10.6. Sobretensiones por pérdida brusca de carga.
  - 10.7. Sobretensiones de origen atmosférico.
  - 10.8. Estimación del número de faltas por apantallamiento insuficiente de una línea y estimación del número de faltas por cebado inverso.
11. Coordinación de aislamiento.
  - 11.1. Metodología de la coordinación de aislamiento.
  - 11.2. Coordinación de aislamiento en instalaciones. Líneas y subestaciones.
  - 11.3. Riesgo de fallo de una instalación.

## 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>Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Tema 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

7	<p><b>Tema 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>1ª Prueba de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30</p>
8	<p><b>Tema 9</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 9</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p><b>Tema 9</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 9</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p><b>Tema 10</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 10</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>Tema 10</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 10</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p><b>Tema 10</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 10</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
13	<p><b>Tema 11</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 11</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14	<p><b>Tema 11</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 11</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Visita al Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		

15				
16				
17				<b>2ª Prueba de evaluación continua</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30  <b>Evaluación prueba final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 02:30

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	1ª Prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	25%	4 / 10	CG01 CG02 CG03 CG04 CG05 CT01 CE03 CE05 CE09
17	2ª Prueba de evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	75%	5 / 10	CG01 CG02 CG03 CG04 CG05 CT01 CE03 CE05 CE09

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Evaluación prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	100%	5 / 10	CG01 CG02 CG03 CG04 CG05 CT01 CE03 CE05 CE09

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Evaluación prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	100%	5 / 10	CG01 CG02 CG03 CG04 CG05 CT01 CE03 CE05 CE09

## 7.2. Criterios de evaluación

Exámenes de Evaluación Continua y Trabajos a lo largo del curso y Presentación del Trabajo Realizado (100%)

El criterio de evaluación extraordinaria será mediante Examen Escrito y Presentación Individual del Trabajo Realizado(100%)

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Libro: Special Publication: "Transient Analysis of Power Systems. Solution Techniques, Tools, and Applications", IEEE-PES, 2011.	Bibliografía	
Libro: J. C. Das, "Transients in Electrical Systems - Analysis, Recognition, and Mitigation", McGraw Hill, 2010.	Bibliografía	

Libro: Editor J. A. Martínez Velasco, "Power System Transients - Parameter Determination", CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010.	Bibliografía	
Libro: R. E. James and Q. Su, "Coordination Assessment of High Voltage Insulation in Power System Equipment", IET Power and Energy Series 53, 2008.	Bibliografía	
Libro: Editor Lonard L. Grigsy, "ElectricPower Engineering Handbook", Second Edition, ERCPress, 2007.	Bibliografía	Electric Power Generation, Transmission, and Distribution. Electric Power Substation Engineering. Power System.
Libro: Coordinador J. A. Martínez Velasco, "Coordinacion de aislamiento en redes eléctricas de alta tensión", Mc-Graw Hill-Red Electrica de España, 2007.	Bibliografía	
Libro: Arie L. Shenkman, "Transient Analysis of Electric Power Circuits Handbook". Springer, 2005.	Bibliografía	
Libro: Lou van der Sluis, "Transients in Power Systems", John Wiley & Sons, 2001.	Bibliografía	
Libro: A. R. Hileman, "Insulation Coordination for Power Systems", Marcel Dekker, Inc., 1999.	Bibliografía	
Libro: Hemann W. Dommel, "Electromagnetic Transients Program. Reference Manual", Bonneville Power Administration.	Bibliografía	EMTP THEORY BOOK
Libro: N. H. Malik, A.A. Al-Arainy, M. I. Qureshi, "Electrical Insulation in Power Systems", Marcel Dekker, Inc., 1998.	Bibliografía	

Libro: Allan Greenwood, "Vacuum Switchgear", IEE Power Series 18, 1994.	Bibliografía	
IEEE Tutorial Course, "Application of Power Circuit Breakers", 93 EH0 388-9-PWR.	Bibliografía	
Libro: M. Khalifa, "High-Voltage Engineering. Theory and Practice", Marcel Dekker, Inc., 1990.	Bibliografía	
Libro: Allan Greenwood, "Electrical Transients in Power Systems", Second Edition. John Wiley & Sons. Inc., 1991.	Bibliografía	
IEEE Seminar/Report, "Power System Transient Recovery Voltages", 87 TH0 176-8-PWR.	Bibliografía	
Libro: T. J. Gallagher and A. J. Pearmain, "High Voltage Measurement, Testing and Design", John Wiley & Sons, Inc., 1983.	Bibliografía	
Libro: EPRI, "Transmission Line Reference Book. 345 Avobe", Second Edition. Electric Power Research Institute, 1982	Bibliografía	
IEEE Tutorial Course, "Digital Simulation of Electrical Transient Phenomena", 81 EH0173-5-RWR.	Bibliografía	
Libro: Klaus Ragaller, "Surges in High-Voltage Networks", Plenum Press, 1979.	Bibliografía	
IEEE Tutorial Course, "Surge Protection in Power Systems", 79 EH0144-GPWR.	Bibliografía	

Libro: J. P. Bickford, N. Mullineux and J. R. Reed, "Computation of Power System Transients", Peter Pergrinus Ltd, 1976.	Bibliografía	
Libro: W. Diesendorf, "Insulation Coordination in High Voltage Electric Power Systems", Butterworth, 1974.	Bibliografía	
Libro: Eling D. Sunde, "Earth Conduction Effects in Transmission Systems", Dover, 1968.	Bibliografía	
Libro: L. V. Bewley, "Travelling Waves on Transmission Systems", Dover, 1963.	Bibliografía	
UNE-EN 60071-1, "Coordinación de Aislamiento. Parte 1: Definiciones, Principios y Reglas", 2006.	Bibliografía	
UNE-EN 60071-2, "Coordinación de Aislamiento. Parte 2: Guía de Aplicación", 1999.	Bibliografía	
EN 50341-1, "Overhead Electrical Lines Exceeding AC 45 kV. Part 1: General Requirements -Common Specifications", 2000.	Bibliografía	
UNE-EN 60099-4, "Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para sistemas de corriente alterna", 2005.	Bibliografía	
E. Kufel, W.S. Zaengl, J. Kuffel, High Voltage Engineering: Fundamentals, Ed. Newnes, 2ª ed., año 2000	Bibliografía	Libro básico de texto
P. Silvester, R. Ferrari, Finite elements for electrical engineers, Cambridge University Press, 3ª ed., año 1996	Bibliografía	Libro de texto

H. A. Haus, J. AR. Melcher, Electromagnetic fields and energy	Bibliografía	Libro de texto
Apuntes y otra documentación de la asignatura	Bibliografía	Material aportado por el profesor durante el desarrollo de la asignatura