

FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre	Protecciones
Código	AES08
Titulación	Grado en Ingeniería Electromecánica
Curso	4º
Cuatrimestre	1º
Créditos ECTS	6 ECTS
Carácter	Optativa
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Área	Protecciones
Universidad	Pontificia Comillas
Horario	
Profesores	Luis Rouco Rodríguez
Descriptor	Protecciones, Electrotecnia, Máquinas eléctricas, Sistemas eléctricos de potencia

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Luis Rouco Rodríguez
Departamento	Departamento de Electrotecnia y Sistemas
Despacho	Despacho en el IIT, Francisco de Ricci, nº 3
e-mail	Luis.Rouco@iit.comillas.edu
Teléfono	6109
Tutorías	De lunes a viernes

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	María Teresa Sánchez Carazo
Departamento	Departamento de Electrotecnia y Sistemas
Despacho	Despacho 403
e-mail	tsanchez@des.icaicomillas.edu
Teléfono	4201
Tutorías	De lunes a viernes

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Javier Martín Herrera
Departamento	Departamento de Electrotecnia y Sistemas
Despacho	Despacho 401
e-mail	fjmartin@ree.es
Teléfono	91 6502012
Tutorías	Previa petición

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Alberto Carlos Barrado Sánchez
Departamento	Departamento de Electrotecnia y Sistemas
Despacho	Despacho 401
e-mail	albertocarlos.barrado@enel.com
Teléfono	91 2139774
Tutorías	Previa petición

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura

Aportación al perfil profesional de la titulación

Todos los componentes del sistema eléctrico (generadores, transformadores, motores, líneas) deben estar protegidos adecuadamente para que en caso de una falta o funcionamiento anómalo se preserve no sólo su integridad física sino el funcionamiento del sistema. Las protecciones envían señales de actuación a los interruptores para aislar el elemento en falta.

Al finalizar el curso los alumnos conocerán los diferentes sistemas de protección de generadores, transformadores, motores, líneas y barras. Sabrán concebir sistemas de protección de componentes y sistemas de diferente responsabilidad y complejidad y calcular los ajustes de las protecciones de dichos sistemas.

La asignatura de protecciones aplica de forma integral los conocimientos de electrotecnia, máquinas eléctricas y sistemas eléctricos de potencia a un problema eminentemente práctico.

La asignatura combina adecuadamente teoría y laboratorio. En el laboratorio, los alumnos incorporarán los ajustes calculados a protecciones comerciales y probarán el funcionamiento de las protecciones ajustadas utilizando maletas de prueba de protecciones tal y como se hace en la realidad práctica.

Prerrequisitos

Asignaturas relacionadas: Electrotecnia de 2º curso, Máquinas Eléctricas y Sistemas Eléctricos de Potencia de 3º, Instalaciones de Media y Baja Tensión 3º.

Para la teoría se requieren el dominio de la electrotecnia (circuitos trifásicos equilibrados), las máquinas eléctricas (principios de funcionamiento y circuitos equivalentes de generadores, transformadores y motores) y los sistemas eléctricos de potencia (circuitos equivalentes de líneas, solución de circuitos en condiciones desequilibradas por el método de componentes simétricas). Los temas de protección de instalaciones de media y baja tensión vistos en la asignatura de instalaciones de media y baja tensión es una excelente introducción a esta asignatura.

Por su parte, en el laboratorio de la asignatura se precisan conocimientos básicos de seguridad eléctrica, manejo de equipos de medida, montaje de esquemas eléctricos y la elaboración de informes de ensayos. Finalmente, se requiere el manejo adecuado de aplicaciones informáticas en la ingeniería.

Competencias – Objetivos

Competencias Genéricas del título-curso

CG1. Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos **en el ámbito de su especialidad (Mecánica, Electricidad o Electrónica Industrial)** según lo

establecido en el apartado 5 de la orden CIN/351/2009 de 9 de febrero, la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización.
CG2. Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos de ingeniería descritos en la competencia CG1.
CG3. Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
CG4. Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.
CG5. Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
CG6. Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
CG7. Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.
CG11. Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.
Competencias Comunes/Específicas
CEE3. Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de baja y media tensión.
CEE4. Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de alta tensión.

Resultados de Aprendizaje
Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de baja y media tensión.
Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de alta tensión.
RA1. Identificar las distintas tecnologías de protecciones de instalaciones de alta y media tensión.
RA2. Conocer los criterios y algoritmos fundamentales de protecciones de instalaciones de alta y media tensión y aplicarlos (definición de equipamiento, dimensionamiento de aparataje y cableado, cálculo de ajustes, etc.).
RA3. Conocer la interrelación de los sistemas de protección de instalaciones de alta y media tensión con otros sistemas (equipos de alta tensión, comunicaciones, despachos, etc.).
RA4. Analizar registros oscilográficos.
RA5. Diseñar circuitos de pruebas y probar protecciones de instalaciones de alta y media tensión en el laboratorio.

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

Teoría

Tema 1: Sistemas de protección

- 1.1 Definición de sistema de protección.
- 1.2 Características de los sistemas de protección
- 1.3 Componentes de los sistemas de protección.
- 1.4 Relés de protección. Temporización. Magnitud medida. Entradas lógicas.
- 1.5 Protecciones principal y de reserva.

Tema 2: Protección de líneas de distribución

- 2.1 Líneas y redes de distribución.
- 2.2 Protección de sobreintensidad. Tiempo definido. Tiempo inverso. De fase y de neutro.
- 2.3 Protección de sobreintensidad direccional. Magnitud de polarización.

Tema 3: Protección de transformadores

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Tipos de defectos en transformadores
- 3.3 Protecciones propias del transformador.
- 3.4 Protecciones eléctricas. Diferencial. Sobreintensidad. Tierra restringida. Cuba. Sobrecarga. V/Hz.
- 3.5 Esquemas de protección.

Tema 4: Protección de líneas de transporte

- 4.1 Líneas y redes de transporte.
- 4.2 Protecciones de líneas de transporte. Distancia. Comparación direccional. Diferencial de línea. Direccional de neutro. Sobrecarga de cables.
- 4.3 Comunicaciones.
- 4.4 Reenganchadores.
- 4.5 Esquemas de protección.

Tema 5: Protección de barras

- 5.1 Barras de subestaciones. Configuraciones de subestaciones.
- 5.2 Protecciones de barras. Distancia. Diferencial de barras. Fallo de interruptor. Tensión.

Tema 5: Protección de generadores

- 6.1 Principios de protección de generadores.
- 6.2 Regulación de generadores.
- 6.3 Tipos de defectos.
- 6.4 Actuación de protecciones.
- 6.5 Protección contra falta a tierra. Tierra-estator. Tierra-rotor.
- 6.6 Protección contra faltas entre fases. Diferencial. Diferencial de bloque. Sobreintensidad. Distancia.
- 6.7 Protecciones frente a funcionamiento fuera de margen. Sobrecarga del estator. Secuencia inversa. Sobretensión.
- 6.8 Protecciones frente a funcionamiento anómalo. Pérdida de excitación. Pérdida de sincronismo. Potencia inversa. Mínima potencia. Sobreintensidad. Sobrevelocidad. Energización accidental. Fallo de interruptor. Corrientes de eje.
- 6.9 Esquemas de protección.

Tema 7: Protección de motores

- 7.1 Motores.
- 7.2 Protecciones generales de motores. Tierra-estator. Faltas entre espiras. Sobrecargas.

Secuencia inversa. Defectos entre espiras. Rotor bloqueado. Mínima tensión. Mínima potencia.

7.3 Protecciones específicas de motores síncronos. Sobreintensidad de rotor. Pérdida de excitación. Mínima frecuencia.

7.4 Esquemas de protección.

Prácticas de Laboratorio

1. Introducción. Seguridad. Mesa de trabajo. Maleta de prueba PT-50-CET. Verificación de la maleta de prueba. Sincronización de la maleta de prueba con la mesa de trabajo. Ensayo con amperímetros.

2. Protección de líneas de distribución. Protección AREVA MiCON P125/P126/P127. Cálculos previos: ajuste. Incorporación ajustes a la protección. Protección de sobreintensidad de tiempo definido. Protección de sobreintensidad de tiempo inverso. Protección direccional de neutro.

3. Protección de transformadores. Protección GE T345. Cálculos previos: ajuste. Incorporación ajustes a la protección. Ensayo con carga nominal. Ensayo de la pendiente de frenado 1. Ensayo de la pendiente de frenado 2.

4. Protección de líneas de transporte. Protección AREVA MiCOM P543/P544/P545/P546. Cálculos previos: ajuste. Incorporación ajustes a la protección. Primera zona de la protección de distancia. Segunda zona de la protección de distancia. Tercera zona de la protección de distancia.

5. Protección de generadores. Protección GE G60. Cálculos previos: ajuste. Incorporación ajustes a la protección. Ensayo de secuencia inversa. Ensayo de potencia inversa. Ensayo de pérdida de excitación.

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir el desarrollo de competencias propuesto las sesiones presenciales como las no presenciales promoverán la implicación activa de los alumnos en las actividades de aprendizaje.

Metodología Presencial: Actividades

- 1. Lección expositiva.** Exposición de los principales conceptos y procedimientos mediante la explicación por parte del profesor. Incluirá presentaciones dinámicas, pequeños ejemplos prácticos y la participación reglada o espontánea de los estudiantes. Previa a las sesiones teóricas se podrán realizar pequeñas pruebas para evaluar el trabajo no presencial de los alumnos.
- 2. Resolución en clase de problemas ejemplo.** Resolución de algún problema clave para situar al alumno en contexto. La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa.
- 3. Resolución en clase de problemas propuestos.** Resolución de problemas que el alumno ha debido preparar previamente. La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa.
- 4. Resolución grupal de problemas.** El profesor planteará pequeños problemas que los alumnos resolverán en pequeños grupos en clase y cuya solución discutirán con el resto de grupos.
- 5. Prácticas de laboratorio.** Se formarán grupos de trabajo que tendrán que realizar prácticas de laboratorio regladas. Las prácticas de laboratorio requerirán de la realización de un trabajo previo de preparación y finalizar con la redacción de un informe de laboratorio. Previamente a toda práctica de laboratorio se realizará una pequeña prueba para comprobar la preparación de la misma así como el análisis de la última práctica..
- 6. Tutorías.** Se realizarán en grupo e individualmente para resolver las dudas que se les planteen a los alumnos después de haber trabajado los distintos temas. Y también para orientar al alumno en su proceso de aprendizaje.

Metodología No presencial: Actividades

1. **Estudio del material presentado en clase.** Actividad realizada individualmente por el estudiante repasando y completando lo visto en clase.
2. **Estudio del material teórico no presentado en clase.** Algunos temas serán estudiados por el alumno sin presentación teórica en clase. Se mandarían problemas y actividades individuales y cooperativas que luego se discutirán en clase para asegurarse de la correcta comprensión por parte del alumno
3. **Resolución de problemas propuestos.** La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa.
4. **Trabajo en grupo.** Se formarán grupos de trabajo que tendrán que realizar una tarea fuera del horario lectivo que requerirá compartir la información y los recursos entre los miembros con vistas a alcanzar un objetivo común.
5. **Preparación de las prácticas** de laboratorio y elaboración de los informes de laboratorio.

El objetivo principal del trabajo no presencial es entender y comprender los conceptos de la asignatura, que sólo pueden alcanzarse mediante el trabajo del alumno.

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO (aproximado)

HORAS PRESENCIALES

Lección magistral	Resolución de problemas	Prácticas laboratorio	Evaluación
30	16	10	4

HORAS NO PRESENCIALES

Estudio autónomo teoría (T)	Resolución de Problemas (P)	Prácticas laboratorio (L)	Repaso y profundización (R)
44	24	20	32

CRÉDITOS ECTS:

6 (180 horas)

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

TEORÍA

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
Pruebas de seguimiento	<ul style="list-style-type: none">• Comprensión de conceptos.• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.• Presentación y comunicación escrita.	30%
Examen final	<ul style="list-style-type: none">• Comprensión de conceptos.• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.• Presentación y comunicación escrita.	70%

LABORATORIO

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
Cálculos previos	<ul style="list-style-type: none">• Comprensión de los conceptos básicos a aplicar en la práctica que se va a realizar.• Estudio del manual de la maleta de prueba de protecciones y de la protección.• Cálculo de los ajustes de las protecciones.	15%
Informe escrito de la práctica realizada	<ul style="list-style-type: none">• Aplicación de conceptos a la realización de prácticas en el laboratorio.• Análisis crítico de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio.• Presentación y comunicación escrita.	20%
Trabajo presencial en grupo	<ul style="list-style-type: none">• Actitud responsable en el trabajo en un entorno de riesgo eléctrico.• Realizar montajes eléctricos, uso de equipos de medida/control, y ejecución de los ensayos.• Capacidad de trabajo en grupo.• Entusiasmo en la realización de la tarea.	15%
Examen final	<ul style="list-style-type: none">• Principios de funcionamiento de protecciones.• Ajuste de protecciones.• Incorporación de ajustes a protecciones.• Prueba de protecciones.• Análisis crítico de los resultados obtenidos.• Presentación y comunicación escrita.	50%

Para hacer media entre teoría y laboratorio hay que tener al menos 5 sobre 10 en cada parte.

CALIFICACIONES

Calificaciones

Convocatoria ordinaria:

- **Nota total:** 80% Teoría + 20% Laboratorio
- **Teoría** (sobre 100%): 3x10% pruebas de seguimiento, 70% examen final. Las pruebas de seguimiento se realizarán en horas de clase.
- **Laboratorio** (sobre 100%): 20% cálculos previos, 10% trabajo en el laboratorio y 20% informes de los ensayos, 50% examen final.
- Para aprobar la asignatura se exige una **nota mínima de 5 en teoría y laboratorio**. Si se aprueba una parte y se suspende otra, en el acta figurará la calificación de la parte suspendida y se guardará la calificación de la parte aprobada hasta la convocatoria extraordinaria.

Convocatoria extraordinaria:

- **Nota total:** 80% Teoría + 20% Laboratorio
- **Teoría** (sobre 100%): 30% calificación que obtuvo el alumno en su **evaluación continua** de la teoría (pruebas de seguimiento), 70% examen convocatoria extraordinaria.
- **Laboratorio** (sobre 100%): 50% calificación que obtuvo el alumno en su **evaluación continua** del laboratorio (pruebas de preparación, trabajo en el laboratorio e informes), 50% examen convocatoria extraordinaria.
- Para aprobar la asignatura se exige una **nota mínima de 5 en teoría y laboratorio**. Si se aprueba una parte y se suspende otra, en el acta figurará la calificación de la parte suspendida. Si se repite la asignatura no se conservará la nota de la parte aprobada si se diera el caso.

PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Cada semana puede tener actividades de tres tipos: (1) Trabajo presencial en el aula, (2) Trabajo no presencial y (3) Trabajo presencial en el laboratorio. Dentro del trabajo no presencial, se distinguen 4 tipos de actividades: estudio autónomo de la Teoría (T), resolución de Problemas (P), prácticas de Laboratorio (L) y Repaso y profundización (R).

Las pruebas de seguimiento de la teoría se han resaltado en negrita.

Semana	Presencial					No presencial				Total horas	
	Aula				Lab.	T	P	L	R		
	Temas	Eva	Teo	Prob.							
1	Presentación, Tema 1, Tema 2		4			8				12	
2	Tema 2		2	2		4	4			12	
3	Tema 3		2	2		4	4			12	
4	Tema 4		4			4			4	12	
5	Examen, Práctica 1	2			2			4	4	12	
6	Tema 4, Tema 5		2	2		4	4			12	
7	Tema 6, Práctica 2		2		2	4		4		12	
8	Temas 6		2	2		4	4			12	
9	Tema 6, Práctica 3		2		2			4	4	12	
10	Examen, Tema 6	2		2			4		4	12	
11	Tema 6, Práctica 4		2		2	4		4		12	
12	Tema 6, Tema 7		2	2		4	4			12	
13	Repaso, Práctica 5		2		2	4		4		12	
14	Repaso		2	2					8	12	
15	Repaso		2	2					8	12	
Diciembre	Exámenes										
		4	30	16	10	44	24	20	32	180	
		Total Pres.				60	Total No Pres.				120

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

- P. Montané, "Protecciones en las Instalaciones Eléctricas: Evolución y Perspectivas", Segunda Edición, Marcombo, Barcelona, 1993.

Bibliografía Complementaria

- S. H. Horowitz, A. G. Phake, "Power System Relaying", Second Edition, Research Studies Press Ltd., Tauton, 1995.
- Alstom, "Network Protection & Automation Guide - NEW Edition", disponible en <http://www.alstom.com/grid/products-and-services/Substation-automation-system/protection-relays/Network-Protection-Automation-Guide-NEW-2011-Edition/>
- ABB, "Protective Relaying. Theory and Applications", Marcel Decker, New York, 1994.

Portal de recursos de la asignatura en la universidad

- Información general del curso.
- Transparencias.
- Ejercicios propuestos con solución.
- Información general del laboratorio (calendario de prácticas, grupos, manual de la maleta de prueba de protecciones, manual de las protecciones).
- Guiones de prácticas de laboratorio.
- Documentación sobre seguridad eléctrica.
- Problemas de examen con solución.