

## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre	Centrales, Subestaciones y Líneas
Código	AES09
Titulación	Grado en Ingeniería Electromecánica
Curso	4º
Cuatrimestre	1º
Créditos ECTS	9 ECTS
Carácter	Obligatoria
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Área	Sistemas Eléctricos
Universidad	Comillas
Horario	
Profesores	Gerardo Fernández, Francisco Javier Díaz, Pablo Rodríguez
Descriptor	Protecciones eléctricas

Datos del profesorado	
Coordinador y profesor	
Nombre	Pablo Rodríguez Herrerías
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	D-301
e-mail	prodriguez@comillas.edu
Teléfono	
Tutorías	Solicitar previamente

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Francisco Javier Díaz Pampín
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	D-301
e-mail	jdp@nipsa.es
Teléfono	
Tutorías	Solicitar previamente

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Gerardo Fernández Magester
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	D-301
e-mail	gfernandezm@comillas.edu
Teléfono	
Tutorías	Solicitar previamente

## **DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA**

### **Contextualización de la asignatura**

#### **Aportación al perfil profesional de la titulación**

En el perfil profesional del graduado en Ingeniería Electromecánica con optatividad eléctrica, esta asignatura amplía los conocimientos eléctricos adquiridos en las asignaturas previas centrándose en el análisis y estructura de los sistemas de generación eléctrica, subestaciones y sistemas de transmisión eléctrica.

#### **Prerrequisitos**

Asignaturas relacionadas: Máquinas eléctricas y Sistemas Eléctricos de Potencia en 3º curso.

## 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.
- CG8. Capacidad para aplicar los principios y métodos de la calidad.
- CG11. Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.

### Competencias Específicas

- CEE4. Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de alta tensión.
- CEE5. Capacidad para el cálculo y diseño de líneas eléctricas y transporte de energía eléctrica.
- CEE9. Capacidad para el diseño de centrales eléctricas.
- CEE10. Conocimiento aplicado sobre energías renovables.

### Resultados de Aprendizaje

- RA1. Conocer las características principales de las centrales eléctricas y las subestaciones y de aquellos aspectos que afectan a su diseño (selección de equipos, aislamiento, puesta a tierra) así como la normativa aplicable: en particular, el Reglamento de Centrales, Subestaciones y Centros de transformación.
- RA2. Desarrollar todo tipo de proyectos en el campo de la generación eléctrica, ya sea mediante combustibles fósiles o energías renovables, así como dirigir la realización de estos proyectos.

- RA3. Proyectar líneas de transporte y distribución de energía eléctrica tanto en líneas aéreas como subterráneas: realizar los cálculos eléctricos y mecánicos necesarios para su construcción, de acuerdo con los reglamentos vigentes.
- RA4. Gestionar eficientemente la energía eléctrica en los distintos campos: en la producción, en el transporte y la distribución de dicha energía.

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos

#### Teoría

#### Tema 1: Introducción al Sistema Eléctrico

- 1.1 Partes, funciones y características
- 1.2 Normalización y estandarización, Reglamentos. Marco legal.
- 1.3 Procedimientos de Operación. Curvas de demanda. Gestión de la demanda. Sostenibilidad del sistema.

#### Tema 2: Centrales eléctricas

- 2.1 Costes de inversión y de generación, rentabilidad, Mix tecnológico
- 2.2 Impacto social y Medioambiental.
- 2.3 Particularidades de los distintos tipos de generación: análisis de aspectos ambientales, operativos, tecnológicos, económicos y de sostenibilidad.
- 2.4 Configuraciones básicas en Servicios Auxiliares, influencia sobre la disponibilidad de las centrales, funcionamiento en isla, black-start.

#### Tema 3: Subestaciones

- 3.1 Definiciones. Tipos de subestaciones. Criterios de diseño. Configuraciones básicas. Unifilares, plantas y alzados
- 3.2 Formas constructivas. Tecnologías de aislamiento en aire, en SF6 y mixtas. Ventajas e inconvenientes. Análisis de costes y disponibilidad.
- 3.3 Impacto social y medioambiental: ruido, incendio, campos electromagnéticos. Integración con el entorno, acondicionamiento paisajístico.
- 3.4 Coordinación del aislamiento, sobretensiones, distancias mínimas.
- 3.5 Diseño de la red de tierras, reglamentación española.
- 3.6 Sistema de control y protección. Servicios auxiliares.

#### Tema 4: Aparamenta

- 4.1 Características Generales de la aparamenta, Normativa, fabricación y ensayos.
- 4.2 Interruptores. Condiciones de extinción del arco. Tipos y tecnologías. Características específicas, normativa, fabricación y ensayos. Especificaciones y selección.
- 4.3 Seccionadores, tipos y tecnologías,
- 4.4 Transformadores de medida y protección. Clases de precisión. Tipos y tecnologías. Especificaciones y selección.
- 4.5 Cambiadores de tomas en transformadores, tipos y cálculo.
- 4.6 Autoválvulas. Criterios de selección.
- 4.7 Embarrados, tipos y cálculo.
- 4.8 Celdas de Media Tensión, centros de Transformación y redes de Distribución

#### Tema 5: Líneas de alta tensión

- 5.1 Introducción. Elementos de líneas aéreas. Diseño básico.
- 5.2 Cálculos eléctricos. Parámetros de líneas. Efecto corona. Capacidad térmica.
- 5.3 Cálculo mecánico de conductores y cables de tierra. Geometría del vano. Ecuación de cambio de condiciones. Vano regulador.
- 5.4 Cálculo mecánico de apoyos y cimentaciones. Definición de la geometría del apoyo. Protección frente al rayo. Puesta a tierra.
- 5.5 Aislamiento. Niveles de contaminación. Dimensionamiento eléctrico y mecánico.
- 5.6 Líneas subterráneas. Elementos. Diseño básico.

#### Tema 6: Proyecto de líneas de alta tensión

- 6.1 Reglamento de líneas. Distancias mínimas de seguridad.
- 6.2 Realización del trazado. Sistemas de información gráfica (GIS). Estudio de alineaciones. Anteproyecto. Estudio topográfico de detalle. Distribución de apoyos. Distribución manual. Distribución automática optimizada.
- 6.3 Documentos que integran un proyecto de línea eléctrica.
- 6.4 Proyectos de aumento de capacidad de transporte de líneas aéreas existentes.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir el desarrollo de competencias propuesto tanto 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 de problemas en equipo.** Como complemento, y para promover el papel activo del alumno, los problemas que han sido resueltos en equipo se presentarán en público para ser discutidos por toda la clase.
5. **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.
6. **Visitas técnicas.** Se organizarán visitas de tipo técnico a empresas que servirán de ejemplo de aplicación real de conceptos y técnicas estudiados en la asignatura.
7. **Seminarios técnicos.** Asistencia a conferencias afines a los contenidos de la asignatura impartidas por ponentes de solvencia en la materia.
8. **Elaboración de ponencias.** Elaboración y presentación en público de pequeñas ponencias sobre temas ya tratados en clase que permitan al alumno profundizar en el conocimiento adquirido y gestionar diversas fuentes de información.

### 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.

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		
HORAS PRESENCIALES		
Lección magistral	Resolución de problemas	Evaluación
55	30	5
HORAS NO PRESENCIALES		
Estudio contenidos teóricos	Resolución de problemas	Trabajo autónomo de investigación y lectura
90	32	58
		CRÉDITOS ECTS: 9 (270 horas)

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

TEORÍA		
Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
Exámenes de seguimiento Trabajos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprensión de conceptos.</li> <li>- Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> <li>- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li> <li>- Presentación y comunicación oral y escrita.</li> </ul>	30%
Examen Final	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprensión de conceptos.</li> <li>- Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> <li>- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li> <li>- Presentación y comunicación escrita.</li> </ul>	70%

## CALIFICACIONES

### Calificaciones

#### Convocatoria ordinaria

- 3x10% Pruebas de seguimiento (o trabajo técnico), 70% examen final. Las pruebas de seguimiento o la presentación de los trabajos técnicos se realizarán en horas de clase.
- Para aprobar la asignatura se exige una **nota mínima de 5 en cada una de las partes que conforman el curso**: Centrales (temas 1 y 2), Subestaciones (temas 3 y 4), y Líneas (temas 5 y 6). 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

- 30% calificación que obtuvo el alumno en su **evaluación continua** de la teoría (pruebas de seguimiento y/o trabajos técnicos), 70% examen convocatoria extraordinaria.
- Para aprobar la asignatura se exige una **nota mínima de 5 en cada una de las partes que conforman el curso**: Centrales (temas 1 y 2), Subestaciones (temas 3 y 4), y Líneas (temas 5 y 6). 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 negra.

Semana	Centrales			No presencial			Total horas
	Presencial			T	P	R	
	Temas	Teo	Prob.				
1	1.1	2	0	2		2	6
2	1.1, 1.2	2	0	2		2	6
3	1.2, 1.3	2	0	2		2	6
4	examen 1.1-1.3	1	1	2		2	6
5	2.1	2	0	2		2	6
6	2.2	2	0	2		2	6
7	2.3	2	0	2		2	6
8	examen, 2.1-2.3	1	1	2		2	6
9	2.4	2	0	2		2	6
10	2.4	2	0	2		2	6
11	2.4	2	0	2		2	6
12	examen, 2.4	1	1	2		2	6
13	2.5	2	0	2		2	6
14	Repaso	0	2	2		2	6
15	Repaso	0	2	2		2	6
Diciembre	Examen Final					0	0
		23	7	30	0	30	90
		Total Pres. 30		Total No Pres. 60			

Semana	Subestaciones			No presencial			Total horas
	Presencial			T	P	R	
	Temas	Teo	Prob.				
1	3.1	2	0		0	1	3
2	3.2	1	1	2	1	1	6
3	3.3	1	1		1	1	4
4	examen 3.4	1	1		1	2	5
5	3.4	1	1	2	2	1	7
6	3.5	2	0		1	1	4
7	3.5 y 3.6	1	1		2	1	5
8	examen, 4.1	1	1		1	3	6
9	4.2 y 4.3	2	0	2	1	1	6
10	4.4	1	1		1	1	4
11	4.5	1	1		2	1	5
12	examen, 4.6	1	1		1	3	6
13	4.7 y 4.8	1	1	2	1	2	7
14	Repaso	0	2		1	3	6
15	Repaso	0	2		1	3	6
Diciembre	Examen Final					10	10
		16	14	8	17	35	90
		Total Pres. 30		Total No Pres. 60			

Semana	Líneas			No presencial			Total horas
	Presencial			T	P	R	
	Temas	Teo	Prob.				
1	5.1	2		2		2	6
2	5,2....	2		2		2	6
3	...5,2...		2		2	2	6
4	5,3....	2			2	2	6
5	.....5,3	1	1	2	1	1	6
6	examen, 5,4...	1	1	2		2	6
7	....5,4	1	1	1	2	1	6
8	<b>5,5</b>	1	1	1	2	1	6
9	5,6...	2		2		2	6
10	...5,6	1	1	2	1	1	6
11	examen, 6,1	1	1	2		2	6
12	<b>6.2</b>	2		2	1	1	6
13	6,3, 6,4...	2		2		2	6
14	...6,4, Repaso	2			2	2	6
15	Repaso	1	1		2	2	6
Diciembre	<b>Examen Final</b>						0
		21	9	20	15	25	<b>90</b>
		Total Pres. 30		Total No Pres. 60			

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- Elgerd, O.I. "Electric Energy System Theory. An Introduction" Mc Graw Hill, 1983
- Overhead Power Lines. F. Kiessling, P.Nefzger, J.F. Nolasco, U. Kaintzyk. Springer, 2003
- CIGRE Green Book on Overhead Lines. CIGRE, París 2014

### Bibliografía Complementaria

- Kundur, P. "Power System Stability and Control" EPRI Editors. Mc Graw Hill, 1994
- Transmission Line Reference Book. "Red Book". EPRI. 2012
- Overhead conductor manual (Ed.2). Southwire Company. 2007
- A. Chunikhin y M. Zhavoronkov. High voltage switchgear. Analysis and design. MIR
- José Antonio Navarro Márquez. Instalaciones eléctricas de alta tensión: sistemas de maniobra, medida y protección. Paraninfo. 1999

### Portal de recursos de la asignatura en la universidad

- Información general del curso.
- Ejercicios propuestos con solución.
- Transparencias y/o apuntes de la asignatura.
- Problemas de examen con solución.