



## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre Completo	Electric power systems
Código	E000003593
Título	<a href="#">Máster Universitario en Sector Eléctrico / Master in the Electric Power Industry</a>
Impartido en	Master in the Electric Power Industry [Primer Curso]
Nivel	Postgrado Oficial Master
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	6,0
Carácter	Obligatoria
Departamento / Área	Máster Universitario en Sector Eléctrico Máster Universitario en Sistemas de Energía Eléctrica
Responsable	Luis Rouco Rodríguez
Horario	Lunes de 7 a 9 y miércoles de 7 a 9
Horario de tutorías	Por cita concertada por correo electrónico

Datos del profesorado	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Damien Laloux Dallemagne
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	Alberto Aguilera 25
Correo electrónico	dlaloux@icai.comillas.edu
Teléfono	2405
<b>Profesor</b>	
Nombre	Luis Rouco Rodríguez
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	Francisco de Ricci, 3 [D-122]
Correo electrónico	Luis.Rouco@iit.comillas.edu
Teléfono	6109
<b>Profesor</b>	
Nombre	Michel Luis Rivier Abbad
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Despacho	Santa Cruz de Marcenado 26 [D-504]
Correo electrónico	Michel.Rivier@iit.comillas.edu



Teléfono

6111

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### Contextualización de la asignatura

#### Aportación al perfil profesional de la titulación

El objetivo general del curso es que el estudiante conozca la estructura física y funcional de los sistemas de energía eléctrica y los métodos para analizar y controlar los sistemas eléctricos. Los objetivos específicos del curso son:

- Comprender la estructura física y funcional de los sistemas eléctricos
- Ser capaz de analizar los circuitos en corriente continua y en corriente alterna (monofásicos y trifásicos)
- Comprender los controles principales de los sistemas eléctricos (control de frecuencia y de tensión) y ser capaz de analizarlos utilizando modelos matemáticos apropiados
- Comprender los modelos de régimen permanente de los sistemas eléctricos (flujos de cargas) y resolver problemas de flujos de cargas utilizando diferentes métodos y modelos

#### Prerrequisitos

Los alumnos que tomen este curso deben haber tener nociones de álgebra lineal y cálculo

### Competencias - Objetivos

#### Competencias

##### GENERALES

**CG01**

Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.

##### ESPECÍFICAS

**CE01**

Tener una visión general de la estructura y funcionamiento de los sistemas de energía eléctrica, así como de cuáles son las tendencias futuras desde la perspectiva tecnológica en los sistemas de energía eléctrica.

**CE02**

Conocer los modelos de los componentes del sistema de energía eléctrica (generadores, transformadores y líneas) y de las técnicas apropiadas para el análisis de los sistemas eléctricos en régimen permanente y transitorio.



## Resultados de Aprendizaje

<b>RA1</b>	Comprender la importancia de la estructura física de los sistemas de energía eléctrica
<b>RA2</b>	Comprender la importancia de la estructura funcional de los sistemas de energía eléctrica
<b>RA3</b>	Ser capaz de analizar los circuitos de CA, monofásicos y trifásicos
<b>RA4</b>	Comprender los mecanismos de control de frecuencia de los sistemas de energía eléctrica y sus detalles de implementación
<b>RA5</b>	Comprender los mecanismos de control de tensión de los sistemas de energía eléctrica y sus detalles de implementación
<b>RA6</b>	Comprender la lógica de los flujos de energía en los sistemas de energía eléctrica
<b>RA7</b>	Ejecutar simulaciones de flujo de cargas

## RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES		
Sesiones prácticas: bajo la supervisión del profesor, los alumnos aplicarán los conceptos y técnicas cubiertos en las clases. Las sesiones tendrán lugar en laboratorios.	Clases magistrales y discusiones en clase: Presentación de los principales conceptos y procedimientos por parte del profesor y, en muchas ocasiones, profesionales del sector eléctrico. Incluirán estudios de casos, presentaciones dinámicas, participación de los alumnos en discusiones de contenidos en clase e interacciones grupales.	
6,00	54,00	
HORAS NO PRESENCIALES		
Lectura de artículos: lecturas de artículos científicos que se asignarán a los alumnos y que se presentarán durante el curso, para lo cual se requerirá lectura individual y / o trabajo grupal y estudio fuera del aula.	Estudio personal: Estudio personal del contenido del curso. Dentro de esta actividad individual, los alumnos revisarán y analizarán los contenidos proporcionados como material básico con los que podrán prepararse para discutir con otros alumnos, profesores y conferenciantes en el aula.	Tutoría: Actividad realizada por el profesor con los alumnos fuera de clase de forma individual o en grupos previa solicitud por éstos.
20,00	100,00	0,00
<b>CRÉDITOS ECTS: 6,0 (180,00 horas)</b>		

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos



Parte I: Introducción a los sistemas de energía

- Estructura física y funcional de los sistemas de energía eléctrica.
- Descripción Funcional de Sistemas de Energía Eléctrica.
- Futuras tendencias.
- Herramientas básicas de análisis del sistemas de energía.

Parte II: Análisis Técnico de Sistemas de Energía

- Control de Frecuencia.
- Control de tensión.
- Modelado de flujo de potencia.

## Parte I: Introducción a los sistemas eléctricos

### Capítulo 1. Estructura física y funcional de los sistemas eléctricos

1. Demanda
2. Generación
3. Transporte y distribución
4. Operación del mercado y del sistema eléctrico
5. Comercialización

### Capítulo 2. Descripción funcional de los sistemas eléctricos

1. Escalas de tiempo
2. Planificación de la expansión
3. Planificación de la explotación
4. Explotación
5. Supervisión y control
6. Protección

### Capítulo 3. Tendencias futuras

1. Nuevas tecnologías de transporte y distribución
2. Integración de fuentes de energía renovable
3. Redes inteligentes

### Capítulo 4. Herramientas básicas de análisis de circuitos eléctricos

1. Circuitos en corriente continua
2. Circuitos monofásicos en corriente alterna
3. Circuitos trifásicos en corriente alterna
4. Magnitudes unitarias



## Parte II: Análisis técnico de los sistemas eléctricos

### Capítulo 5. Control de frecuencia

1. Principios de sistemas de control
2. Principios de control de frecuencia
3. Regulación primaria
4. Regulación secundaria

### Capítulo 6. Control de tensión

1. Principios de control de tensión
2. Control de tensión y compensación de potencia reactiva de cargas
3. Control de tensión de líneas de transporte
4. Control de tensión por control de la excitación de generadores
5. Control de tensión por control de cambiadores de tomas de transformadores

### Capítulo 7. Flujo de cargas

1. Modelos de los componentes del sistema eléctrico
2. Modelo de la red
3. Formulación del problema de flujo de cargas
4. Solución por el método de Newton
5. Solución del flujo de cargas con elementos de control
6. Flujo de cargas desacoplado
7. Flujo de cargas en corriente continua
8. Análisis de contingencias por el flujo de cargas en corriente continua
9. Flujo de cargas óptimo

### Chapter 8. Power Flow

1. Models of power system components
2. Network model
3. Formulation of power flow problem
4. Solution by Newton's method
5. Power flow solution with control means
6. Fast decoupled load flow
7. DC load flow
8. Contingency analysis by DC load flow
9. Optimal load flow

## Laboratorio

### Sesión de laboratorio # 1. Control de frecuencia

Regulación de la carga. Regulación primaria. Regulación secundaria.



## Sesión de laboratorio # 2. Control de tensión

Control de tensión de un generador síncrono en vacío. Control de tensión de un generador síncrono conectado a una red de potencia infinita por control de la excitación y por control del cambiador de tomas en carga.

## Sesión de la laboratorio # 3. Flujo de cargas

Estructura de datos de entrada y solución de un flujo de cargas en corriente alterna. Control de la tensión del los generadores. Análisis de contingencias. Flujo de cargas óptimo.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Este curso proporcionará a los alumnos los conceptos y herramientas que necesitarán en otros cursos. Para alcanzar una buena comprensión de los diferentes conceptos es preciso combinar teoría con práctica. Los alumnos tendrán que asimilar muchos conceptos complicados en un corto espacio de tiempo. Por tanto, el compromiso de los alumnos es esencial.

### Metodología Presencial: Actividades

**Lectures (54 hours):** Presentation of the theoretical concepts by the instructors with proven experience in developing decision support tools for the power sector. These lectures will include dynamic presentations, case studies, and the participation and interaction with students.

**Laboratory sessions (6 hours):** Under the instructor's supervision, students will apply the concepts and techniques covered in the lectures. The sessions will take place in a computer laboratory.

### Metodología No presencial: Actividades

**Personal study of the material (100 hours):** This is an individual activity by the students, in which they will read, analyze and question the readings provided as background material, and that will be discussed with other students and lecturers in the classroom.

**Individual term papers (20 hours):** Learning activities that will be carried out individually, outside of the classroom.

**Tutoring (up to 10 hours):** for groups or individual students will be organized upon request.



## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

### Calificaciones

Los exámenes representan el 90% de la calificación:

- Primer examen: estructura del sistema eléctrico y descripción funcional hasta decisiones de medio plazo (13/60)
- Segundo examen: descripción funcional y circuitos en corriente continua y corriente alterna monofásicos y trifásicos (13/60)
- Tercer examen: control de frecuencia (10/60)
- Cuarto examen: control de tensión (14/60)
- Quinto examen: flujo de cargas(10/60)

Los exámenes será combinación de tests de varias opciones y problemas

Los informes de los trabajos representan el 10% de la calificación. Hay tre trabajos que se realizarán individualmente: control de frecuencia, control de tensión y flujo de cargas,

El examen de recuperación representará el 90% de la calificación. Los informes de los trabajos representan el 10% de la calificación.

La asistencia a clase es obligatoria de acuerdo con el artículo 93 del Reglamento General de la Universidad.

Las Normas Académicas de las ETS de Ingeniería ICAI establecen que el incumplimiento de la norma de asistencia a clase tendrá las siguientes consecuencias:

- Los alumnos que faltaren al más del 15% de las clases podrán no ser admitidos al examen de la convocatoria ordinaria.
- Los alumnos que faltaren al más del 15% de las sesiones de laboratorio podrán no ser admitidos al examen de la convocatoria ordinaria.

Los alumnos que cometan algún fraude en un examen o trabajo suspenderán la convocatoria ordinaria con cero y perderán la convocatoria extraordinaria (Artículo 168 del Reglamento General de la Universidad).

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- D. Laloux & M. Rivier, "Technology and Operation of Electric Power Systems", in Regulation of the Power Sector, J.I. Pérez Arriaga, Ed. (p. 1-46), Springer, 2013.
- A. Gómez Expósito, A. J. Conejo, C. Cañizares, Electric Energy Systems: Analysis and Operation, CRC Press, 2009.

### Bibliografía Complementaria

- A.J. Wood & B.F. Wollenberg, Power Generation, Operation and Control (2nd ed.). John Wiley & Sons,



# COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**GUÍA DOCENTE  
2018 - 2019**

1996.

- O. I. Elgerd, Electric Energy Systems Theory: An Introduction, 2nd ed., Mc Graw Hill, 1982.
- A. R. Bergen & V. Vittal, Power System Analysis, 2nd ed., Prentice Hall, 2000.
- J. J. Grainger & W. D. Stevenson, Power System Analysis, Mc Graw Hill, 1994.
- P. Kundur, Power System Stability and Control, Mc Graw Hill, 1994.