



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Telecomunicación

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

93001308 - Tecnología Eléctrica De Los Sistemas Fotovoltaicos

PLAN DE ESTUDIOS

09BP - Master Universitario En Energia Solar Fotovoltaica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

| | |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos..... | 1 |
| 2. Profesorado..... | 1 |
| 3. Conocimientos previos recomendados..... | 2 |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 3 |
| 5. Descripción de la asignatura y temario..... | 4 |
| 6. Cronograma..... | 6 |
| 7. Actividades y criterios de evaluación..... | 9 |
| 8. Recursos didácticos..... | 12 |
| 9. Otra información..... | 13 |

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|---|
| Nombre de la asignatura | 93001308 - Tecnología Eléctrica de los Sistemas Fotovoltaicos |
| No de créditos | 6 ECTS |
| Carácter | Optativa |
| Curso | Primer curso |
| Semestre | Primer semestre |
| Período de impartición | Septiembre-Enero |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 09BP - Master Universitario en Energia Solar Fotovoltaica |
| Centro responsable de la titulación | 09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion |
| Curso académico | 2024-25 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|---|----------|-----------------------------|---|
| Jose Jesus Fraile Ardanuy | A-215 | jesus.fraile.ardanuy@upm.es | Sin horario. Sin horario. Contactar por email para concertar las tutorías |
| Daniel Fernandez Muñoz (Coordinador/a) | A-216 | daniel.fernandezm@upm.es | Sin horario. Sin horarios. Contactar por email para concertar las tutorías. |

| | | | |
|---------------------------|-------|--------------------------|---|
| Benito Artaloytia Encinas | A-216 | benito.artaloytia@upm.es | Sin horario. Sin horario. Contactar por email para concertar las tutorías |
| David Jimenez Bermejo | A-209 | david.jimenezb@upm.es | Sin horario. Sin horario.Contactar por email para concertar las tutorías |

* 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 Energía Solar Fotovoltaica no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimientos de física general y circuitos eléctricos

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB10 - 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.

CB6 - 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

CB7 - 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

CB8 - 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

CB9 - 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

CE1 - Comprender, analizar y juzgar la relevancia de cualquier contribución en este campo, en relación con su entorno social, energético y científico-técnico.

CE5 - Diseñar, análisis, caracterización, planificación e instalación de componentes y sistemas fotovoltaicos de propósito general, autónomos o conectados a la red.

CE7 - Analizar, diseñar e implementar sistemas fotovoltaicos de complejidad media-alta

CE9 - Aplicar los servicios y herramientas disponibles en el mercado al diseño de sistemas fotovoltaicos

CG5 - Gestión de la información: buscar y gestionar recursos bibliográficos adecuados con eficiencia, aprender a continuar los estudios de manera ampliamente autónoma como base para la futura actividad de investigación e innovación

CG7 - Trabajo en contextos internacionales: Llevar a cabo un proceso sustancial de investigación con seriedad e integridad académicas, integrado en un grupo de I+D+i con proyección internacional

CG8 - Aplicar metodologías, procedimientos, herramientas y normas del estado del arte para la creación de nuevos componentes tecnológicos; Construir nuevas hipótesis y modelos, evaluarlos y aplicarlos a la resolución

de problemas

CG9 - Comunicar juicios, y conocimientos a audiencias especializadas y no especializadas, de una manera razonada, clara y sin ambigüedades

CT4 - Liderazgo de equipos: realizar trabajos en equipo (como los de algunas de las actividades de evaluación de las asignaturas), integrarse en un grupo de investigación participando activamente en sus reuniones, colaborando con iniciativa propia en trabajos o proyectos de I+D+i; interaccionar con efectividad con los miembros del equipo de trabajo multidisciplinar

4.2. Resultados del aprendizaje

RA8 - RA3 ? RA53 ? Conocer los componentes de los sistemas fotovoltaicos

RA20 - RA46 - Adiestrar al alumno en el trabajo en equipo

RA21 - RA47 - Aprender a argumentar convincentemente

RA14 - RA4 - Capacidad para analizar los resultados

RA15 - RA5 - Relacionar los principios básicos con los aspectos prácticos

RA16 - RA27 - Capacidad crítica para analizar los diferentes modelos en términos de principios básicos de la física

RA26 - Conocer la definición y concepto de energía

RA41 - RA21 - Aplicar los conocimientos adquiridos en ingeniería eléctrica de los sistemas fotovoltaicos

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo de la asignatura consiste en proporcionar a los alumnos los conceptos clave de la ingeniería eléctrica que necesitarán para poder desarrollar los proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas, tanto a nivel de autoconsumo como a nivel de comunidades energéticas locales y grandes centrales fotovoltaicas. A lo largo del curso se realizarán prácticas de laboratorio que complementarán los conceptos aprendidos en el aula. Esquemáticamente, el temario incluye:

1. Introducción a los sistemas eléctricos de potencia
2. Distribución de energía eléctrica en baja tensión

3. Protecciones eléctricas
4. Cálculo de sección de conductores.

5. Modelado de generadores y transformadores. El sistema por unidad.
6. Parámetros de línea de transmisión
7. Flujo de potencia en sistemas eléctricos
8. Estabilidad del sistema eléctrico.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a los sistemas eléctricos de potencia
2. Distribución de energía eléctrica en baja tensión
3. Protecciones eléctricas
4. Cálculo de sección de los conductores
5. Modelado de generadores y transformadores. Sistema por Unidad
6. Parámetros de línea de transmisión
7. Flujo de potencia en los sistemas eléctricos
8. Estabilidad del sistema eléctrico

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

| Sem | Actividad tipo 1 | Actividad tipo 2 | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|--|---|---|--|
| 1 | <p>Presentación de la asignatura Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Sistema eléctrico de potencia (I): Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | <p>Lectura de la bibliografía. Sistema Eléctrico de potencia y centrales de generación eléctrica Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | |
| 2 | <p>Sistema eléctrico de potencia (II) Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Visita virtual al Centro de Control de Energías Renovables de Red Eléctrica de España (CECRE) Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> | <p>Lectura de la bibliografía Instalaciones eléctricas Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | |
| 3 | <p>Distribución en BT Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 4 | <p>Introducción a las protecciones eléctricas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Visita al Centro de Transformación de la Escuela Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> | <p>Lectura de la bibliografía instalaciones eléctricas. Cálculo de la sección de los conductores Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | <p>Informe sobre CEGRE/CECOEL TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 04:00</p> |
| 5 | <p>Protecciones eléctricas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Cálculo de protecciones Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Actividad RETO Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | | <p>Informe Visita CT TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 02:00</p> |
| 6 | <p>Cálculo de la sección de los conductores Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Actividad RETO Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Lectura de la bibliografía instalaciones eléctricas. Protecciones eléctricas Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | <p>Informe Identificación de CT en vivienda TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 02:00</p> |

| | | | | |
|----|--|---|--|--|
| 7 | <p>Cálculo de la sección de los conductores (II) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Casos prácticos de cálculo de sección de conductores Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Actividad RETO Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | <p>Lectura de la bibliografía instalaciones eléctricas. Medida de tierras Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | |
| 8 | <p>Programas de cálculo de sección de conductores Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Actividad RETO Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | <p>Práctica de verificación de instalaciones y protecciones eléctricas Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> | | |
| 9 | <p>Modelado de generadores y transformadores. Sistema por unidad Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Actividad RETO Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | <p>Programación para cálculo de sistemas pu Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | <p>Informe Protecciones eléctricas y cálculo de secciones TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 02:00</p> |
| 10 | <p>Parámetros de línea de transmisión Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Flujo de potencia en sistemas eléctricos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Actividad RETO Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | | | |
| 11 | <p>Flujo de potencia en sistemas eléctricos (II) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Estabilidad del sistema eléctrico Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Simulación de flujo de cargas Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> | | |
| 12 | <p>Estabilidad del sistema eléctrico Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | <p>Actividad RETO - Presentación PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p> <p>Actividad RETO - Informe TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial</p> |

| | | | | |
|----|--|--|--|--|
| | | | | Duración: 10:00 |
| 13 | Visita instalaciones Iberdrola Duración: 04:00 VP: Viaje de prácticas | | | Informe simulación flujo de cargas TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 02:00 |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | Examen Final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 01:30 Exposición oral PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Global Presencial Duración: 00:30 |

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.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|--|--|---------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 4 | Informe sobre CEGRE/CECOEL | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | Presencial | 04:00 | 10% | 0 / 10 | CB7 CB8 CG9 |
| 5 | Informe Visita CT | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 02:00 | 10% | 0 / 10 | CB8 CB6 CG9 CB10 CE1 CB7 |
| 6 | Informe Identificación de CT en vivienda | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 02:00 | 5% | 0 / 10 | CB7 CB8 CB10 CT4 CE9 |
| 9 | Informe Protecciones eléctricas y cálculo de secciones | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 02:00 | 15% | 0 / 10 | CB6 CG9 CB9 CB10 CG8 |
| 12 | Actividad RETO - Presentación | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:00 | 30% | 0 / 10 | CG9 CB9 CT4 CG8 CG5 CE1 CB7 |
| 12 | Actividad RETO - Informe | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 10:00 | 20% | 0 / 10 | CB7 CB8 CB6 CG9 CB9 CB10 CT4 CG7 |

| | | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|---------------|-------|-----|--------|---|
| 13 | Informe simulación flujo de cargas | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 02:00 | 10% | 0 / 10 | CG8 CE9 CG5 CE1 CE5 CG7 CE7 |
|----|------------------------------------|---|---------------|-------|-----|--------|---|

7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|-----------------|--|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 17 | Examen Final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 01:30 | 75% | 5 / 10 | CB7 CB8 CB6 CG9 CB9 CB10 CT4 CG7 CG8 CE9 CG5 CE1 CE5 CE7 |
| 17 | Exposición oral | PI: Técnica del tipo Presentación Individual | Presencial | 00:30 | 25% | 5 / 10 | CB8 CB6 CG9 CB9 CE1 |

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|--------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| Examen Final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 100% | 5 / 10 | CB7 CB8 CB6 CG9 CB9 CB10 CT4 CG7 CG8 CE9 CG5 CE1 CE5 |

7.2. Criterios de evaluación

Evaluación Progresiva

La evaluación de la asignatura se realizará a través de los informes que deberán entregar los alumnos con el siguientes pesos:

1. Asistencia y participación activa en el aula **10%**
2. Resolución y entrega de informes individuales **40%**
3. Elaboración, entrega y presentación del trabajo de la ACTIVIDAD RETO **50%**

Evaluación Global

En el caso de estudiantes que se presenten únicamente a la evaluación final, para aprobar la asignatura deberán realizar un examen final que se comprenderá de una exposición oral y de un examen escrito. Esta evaluación proporcionará el 100% de la calificación.

Evaluación Extraordinario

Para el caso de aquellos estudiantes que se presenten únicamente a la evaluación final, tendrán que realizar un examen final para aprobar la asignatura. Esta evaluación proporcionará el 100% de la calificación.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre | Tipo | Observaciones |
|---|--------------|---------------|
| "Electrical Power Essentials (2nd edition)", Pieter Schavemaker et al. Wiley 2017 | Bibliografía | |
| "Power System Analysis (3rd edition)", Hadi Saadat, PSA Publishing, 2017 | Bibliografía | |
| "Electric Power Systems. A first course", Ned Mohan. | Bibliografía | |
| "Introducción a las Instalaciones Eléctricas. 3ª ed.", Jesús Fraile Mora, Servicio Publ. E. Caminos, 2002 | Bibliografía | |
| "Sistemas de energía eléctrica", Fermín Barrero González. Editorial Paraninfo | Bibliografía | |
| Laboratorio de máquinas eléctricas | Equipamiento | |
| "Instalaciones eléctricas en baja tensión: diseño, cálculo, dirección, seguridad y montaje". Colmenar Santos, Antonio / Hernandez Martin, Juan Luís. 2008. Editorial RA-MA. | Bibliografía | |
| "Manual de Instalaciones Eléctricas". Diego Carmona Fernández (Universidad de Extremadura) . Editorial Abecedario. 2005. | Bibliografía | |
| "Instalaciones Eléctricas". A.J. Conejo, L.M. Arroyo, F. Milano y otros. Editorial McGrawHill. 2007 | Bibliografía | |

| | | |
|---|--------------|---|
| "Reglamento Eletrotecnico de Baja Tensión". Teoría y Cuestiones Resueltas. Ángel Lagunas Marqués. Editorial ThonsonParaninfo. 2004. | Bibliografía | |
| MATLAB | Recursos web | https://es.mathworks.com/ |
| Red Eléctrica de España | Recursos web | http://www.ree.es/es/ |

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se relaciona con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por la ONU, que se muestran a continuación. Además, la ACTIVIDAD RETO permitirá la colaboración durante la asignatura con Iberdrola, entidad externa a la UPM, que aportará su experiencia en el sector de las energías renovables.

3. Salud y Bienestar.

3.9 Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos, contaminación del aire, del agua y del suelo.

7. Energía asequible y no contaminante:

7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

7.a De aquí a 2030, aumentar la cooperación para facilitar el acceso a la investigación y a las tecnologías limpias.

7.b De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo.

11. Ciudades y comunidades sostenibles.

11.2 De aquí a 2030, proporcionar acceso a transportes seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos, en particular mediante transporte público, y mejorar la seguridad vial.

11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales

12. Producción y consumo responsable

12.6 Alentar en especial las grandes empresas, a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes.

13. Acción por el clima

13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales

17. Alianzas para lograr los objetivos