



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**93000837 - Energia Solar Fotovoltaica**

### PLAN DE ESTUDIOS

09AQ - Master Universitario En Ingenieria De Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Primer 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.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	9
9. Otra información.....	10

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	93000837 - Energia Solar Fotovoltaica
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09AQ - Master Universitario en Ingenieria de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Miguel Angel Egido Aguilera (Coordinador/a)	203	miguel.egido@upm.es	M - 10:00 - 12:00 J - 10:00 - 12:00 V - 09:00 - 11:00
Maria Estefania Caamaño Martin	204	estefania.cmartin@upm.es	X - 12:00 - 13:00

David Fuertes Marron	IES-201	david.fuertes@upm.es	J - 12:00 - 14:00
----------------------	---------	----------------------	-------------------

\* 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 de Telecomunicacion no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Aunque esta asignatura no requiere de asignaturas previas específicas, si necesita conocimientos básicos comunes a cualquier ingeniería: nociones de física y química, elementos básicos de circuitos: ley de ohm, dispositivos pasivos, leyes de kircho

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CE15 - Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina.

CG1 - 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.

CG2 - 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.

CG4 - 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.

CG5 - 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.

CT2 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA135 - Conocer y dominar herramientas para la resolución de problemas fundamentales de optimización.

RA130 - Capacidad de entender y seleccionar las diferentes alternativas de suministro de energía

RA166 - Analizar, diseñar e implementar sistemas fotovoltaicos de media a alta complejidad

RA167 - Diseño y construcción de un prototipo funcional de un sistema fotovoltaico a través todas las etapas del proceso dentro de un trabajo en equipo

RA168 - Aplicar los servicios y herramientas disponibles en el mercado al diseño de sistemas fotovoltaicos

RA165 - Diseño, análisis, caracterización, planificación e instalación de sistemas fotovoltaicos: independientes o conectados a la red eléctrica

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Principios fundamentales de la ingeniería de los sistemas fotovoltaicos. Se describen todos los elementos que componen un generador fotovoltaico, tanto autónomo como conectado a la Red Eléctrica, así como las aplicaciones más extendidas. Se describen las herramientas para el diseño de instalaciones fotovoltaicas. Como la asignatura es común para todos los alumnos del máster se pretende dotar a los alumnos de un conocimiento general sobre las aplicaciones, el uso práctico de los sistemas fotovoltaicos y una perspectiva sobre la tecnología fotovoltaica.

El enfoque metodológico está orientado a la realización de un proyecto de ingeniería de sistemas fotovoltaicos,

que es el principal procedimiento para verificar los conocimientos adquiridos. La dinámica de la clase está basada, fundamentalmente, en la conferencia magistral, apoyada en medios audiovisuales. A lo largo del curso se propondrán ejercicios que ayuden a la comprensión de los diferentes elementos que integran una instalación fotovoltaica y de la interacción entre ellos. Se realizará un taller práctico centrado en el funcionamiento y caracterización de los módulos fotovoltaicos.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. INTRODUCCIÓN: Presentación de la asignatura. Introducción a los sistemas fotovoltaicos: Tecnología, mercado, industria
2. RADIACIÓN SOLAR Movimiento sol-tierra. Componentes de la radiación. Fuentes de datos. Cálculo de la radiación sobre superficies inclinadas y arbitrariamente orientadas. Efecto de la orientación. Sombreados: Centrales, autónomos, edificios.
3. MÓDULO FOTOVOLTAICO: Célula Solar: Funcionamiento eléctrico básico. Características físicas. Temperatura y radiación. Módulo Fotovoltaico. Características eléctricas y físicas. Conexión de módulos.
4. SISTEMA FOTOVOLTAICO: Elementos que integran un generador fotovoltaico: Almacenamiento, Controlador de carga, Acondicionamiento de potencia: Convertidores DC/DC, convertidores DC/AC.
5. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS: Topologías. Características de la electrificación rural con sistemas fotovoltaicos. Sistemas domésticos. Bombeo. Sistemas Híbridos. Dimensionado. Fiabilidad.
6. GENERADORES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA. Parámetros de mérito. Tipos de módulos. Conceptos de diseño. Funcionalidad eléctrica y arquitectónica de módulos fotovoltaicos. Estudio de casos.
7. SEGURIDAD. Descripción de los riesgos: Personas, Equipos, Red. Metodología. Diseño de cableado y protecciones

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Introducción a los sistemas fotovoltaicos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Mecánica del movimiento sol-tierra</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Herramientas para el cálculo de la Radiación solar</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios Radiación solar</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			<p><b>Cálculo de la irradiación incidente en una superficie determinada</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 04:00</p>
3	<p><b>Módulo fotovoltaico</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Módulo fotovoltaico</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
4	<p><b>Sistema Fotovoltaico</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Sistema fotovoltaico</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		<p><b>Módulo fotovoltaico</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Análisis del efecto del punto caliente en un módulo</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 03:00</p>
5	<p><b>Elementos del sistema Fotovoltaico</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
6	<p><b>Topologías de sistemas fotovoltaicos autónomos. Dimensionado</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Electrificación rural con sistemas fotovoltaicos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>

7	<p><b>Generadores fotovoltaicos conectados a la red</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de sistemas conectados a la red</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			<p><b>Diseño de un generador fotovoltaico de conexión a red</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00</p>
8	<p><b>Seguridad en instalaciones fotovoltaicas</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Prueba, mediante test, sobre conocimientos básicos de la asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
9				<p><b>Trabajo final de Diseño de un Sistema Híbrido autónomo</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 10:00</p>
10	<p><b>Energía: Generalidades</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>Otras energías renovables</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12				<p><b>Prueba mediante test sobre conocimientos básicos de la asignatura</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:00</p>
13				
14				
15				
16				
17				

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
2	Cálculo de la irradiación incidente en una superficie determinada	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	3%	0 / 10	CG2 CG4 CT5
4	Análisis del efecto del punto caliente en un módulo	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	03:00	2%	0 / 10	CG2 CG4 CT4 CT5 CE15
6	Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	5%	0 / 10	CG2 CG5 CT4 CT5 CE15
7	Diseño de un generador fotovoltaico de conexión a red	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	20%	4 / 10	CG1 CG2 CT4
8	Prueba, mediante test, sobre conocimientos básicos de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	40%	4 / 10	CG1 CG2 CT5
9	Trabajo final de Diseño de un Sistema Híbrido autónomo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	35%	4 / 10	CG1 CG2 CG4 CT2 CT3 CT5 CE15

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

7	Diseño de un generador fotovoltaico de conexión a red	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	20%	4 / 10	CG1 CG2 CT4
9	Trabajo final de Diseño de un Sistema Híbrido autónomo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	35%	4 / 10	CG1 CG2 CG4 CT2 CT3 CT5 CE15
12	Prueba mediante test sobre conocimientos básicos de la asignatura	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	45%	4 / 10	CG1 CG2 CG4 CG5 CT2 CT3 CT5

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Diseño de un generador fotovoltaico de conexión a red	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	20%	4 / 10	CG1 CG2 CT4
Trabajo final de Diseño de un Sistema Híbrido autónomo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	10:00	35%	4 / 10	CG1 CG2 CG4 CT2 CT3 CT5 CE15
Prueba mediante test sobre conocimientos básicos de la asignatura	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	45%	4 / 10	CG1 CG2 CG5 CT2 CT3 CT5

## 7.2. Criterios de evaluación

En el caso de que en el desarrollo de las pruebas de evaluación se aprecie el incumplimiento de los deberes como estudiante universitario, el coordinador de la asignatura podrá ponerlo en conocimiento del Director o Decano del Centro, que de acuerdo con lo establecido en el artículo 74 (n) de los Estatutos de la UPM tiene competencias para ?Proponer la iniciación del procedimiento disciplinario a cualquier miembro de la Escuela o Facultad, por propia iniciativa o a instancia de la Comisión de Gobierno? al Rector, en los términos previstos en los estatutos y normas de aplicación

La calificación del trabajo final se realiza atendiendo a los siguientes criterios.

- Viabilidad de la instalación energética.
- Adecuación de los cálculos y estimaciones.
- Resolución completa de todas las condiciones impuestas en el enunciado.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Pagina Moodle de la asignatura	Recursos web	Alojamiento de las presentaciones para las clases magistrales. Apuntes: Radiación Solar, Módulo Fotovoltaico, Baterías y Controladores de carga. Applet funcionamiento de la célula solar Applet para cálculos de irradiación

Applied Photovoltaics. S.R. Wenham, M.A. Green, M.E. Watt, R. Corkish. Ed. Earthscan, 2007	Bibliografía	
Planning and Installing Photovoltaic Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers. Earthscan, 2007	Bibliografía	
Energías. Vaclav Smil. Ed. Crítica, 2001.	Bibliografía	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### Objetivos de Desarrollo Sostenible

Esta asignatura, dedicada a describir la tecnología fotovoltaica para el diseño y optimización de generadores eléctricos conectados a la red y aislados, está íntimamente relacionada con el ODS 7: Energía asequible y no contaminante y con cuatro de las cinco metas:

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.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.

Además y debido al carácter transversal de la energía, la consecución del ODS7 afecta de forma indirecta a los

objetivos:

ODS 1: Fin de la pobreza. En particular al 1.4 Para 2030, garantizar que los pobres y vulnerables, tengan los mismos derechos, acceso a los recursos y a los servicios básicos.

ODS 2: Hambre cero. En particular al 2.4 Para 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y que contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas.

ODS 4: Educación de calidad: En particular 4.7 De aquí a 2030, asegurar que todos los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible.

ODS 6: Agua limpia y saneamiento

En particular y como consecuencia de la disponibilidad de sistemas aislados para la generación eléctrica limpia y de bajo coste, la tecnología fotovoltaica permite alcanzar las siguientes metas del ODS6:

6.1 De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.

6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización.

6.4 De aquí a 2030, aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren su falta.

6.a De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento.

6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras

En particular a las metas:

9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

9.2 Promover una industrialización inclusiva y sostenible y, de aquí a 2030, aumentar significativamente la

contribución de la industria al empleo y al PIB.

9.4 De aquí a 2030, reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia, uso de tecnologías y procesos industriales limpios.

ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles

En particular a las metas:

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.

11.b De aquí a 2020, aumentar el número de ciudades que adoptan e implementan planes inclusivos, uso eficiente de recursos, mitigación del cambio climático y resiliencia ante los desastres.

Por último, de forma secundaria también afecta a los ODS 13: Acción por el clima, ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres