



POLITÉCNICA

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

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

2017-18 - 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 .....   | 4  |
| 6. Cronograma .....                               | 6  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación .....    | 8  |
| 8. Recursos didácticos .....                      | 10 |
| 9. Otra información .....                         | 11 |

## 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 en el que se imparte</b> | Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion    |
| <b>Curso Académico</b>             | 2017-18   |

## 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<br>(Coordinador/a) | 203             | miguel.egido@upm.es         | M - 10:00 - 12:00<br>J - 10:00 - 12:00<br>V - 09:00 - 11:00 |
| Maria Estefania Caamaño<br>Martin              | 204             | estefania.cmartin@upm.es    | X - 12:00 - 13:00   |
| Juan Carlos Gonzalez Lopez                     |                 | juancarlos.gonzalezl@upm.es | - -   |

\* 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 Telecomunicación 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 que adquiere el estudiante al cursar la asignatura

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.

CE16 - Capacidad para la elaboración, dirección, coordinación, y gestión técnica y económica de proyectos sobre: sistemas, redes, infraestructuras y servicios de telecomunicación, incluyendo la supervisión y coordinación de los proyectos parciales de su obra aneja; infraestructuras comunes de telecomunicación en edificios o núcleos residenciales, incluyendo los proyectos sobre hogar digital; infraestructuras de telecomunicación en transporte y medio ambiente; con sus correspondientes instalaciones de suministro de energía y evaluación de las emisiones electromagnéticas y compatibilidad electromagnética.

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.

CG3 - 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.

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.

CT6 - Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos.

CT7 - Capacidad para trabajar en contextos internacionales.

## **4.2 Resultados del aprendizaje al cursar la asignatura**

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 realizarán dos talleres prácticos centrados en los aspectos fundamentales de la asignatura: diseño de una asociación de módulos y estimación de la irradiación solar.

### 5.2 Temario de la asignatura

1. INTRODUCCIÓN: Presentación de la asignatura. Introducción a los sistemas fotovoltaicos: Tecnología, mercado, industria
2. ENERGÍA. Sistema energético actual. Consecuencias: Efecto invernadero, lluvia ácida, deforestación, tensiones sociales. Nociones sobre las diferentes energías renovables.
3. 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.
4. MÓDULO FOTOVOLTAICO: Célula Solar: Funcionamiento eléctrico básico. Características físicas. Temperatura y radiación. Módulo Fotovoltaico. Características eléctricas y físicas. Conexión de módulos.
5. SISTEMA FOTOVOLTAICO: Elementos que integran un generador fotovoltaico: Almacenamiento, Controlador de carga, Acondicionamiento de potencia: Convertidores DC/DC, convertidores DC/AC.
6. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS: Topologías. Características de la electrificación rural con sistemas fotovoltaicos. Sistemas domésticos. Bombeo. Sistemas Híbridos. Dimensionado. Fiabilidad.
7. 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.

8. SEGURIDAD. Descripción de los riesgos: Personas, Equipos, Red. Metodología. Diseño de cableado y protecciones

## 6. Cronograma

### 6.1 Cronograma de la asignatura\*

| Semana | Actividad Presencial en Aula  | Actividad Presencial en Laboratorio | Otra Actividad Presencial   | Actividades de Evaluación  |
|--------|---|-------------------------------------|---|--|
| 1      | <p><b>Introducción a los sistemas fotovoltaicos</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Mecánica del movimiento sol-tierra</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>                                  |                                     |   |  |
| 2      | <p><b>Herramientas para el cálculo de la Radiación solar</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios Radiación solar</b><br/>Duración: 02:00<br/>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>                             |                                     |   | <p><b>Cálculo de la irradiación incidente en una superficie determinada</b><br/>TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua<br/>Duración: 04:00</p> |
| 3      | <p><b>Módulo fotovoltaico</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Módulo fotovoltaico</b><br/>Duración: 02:00<br/>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>   |                                     |   |  |
| 4      | <p><b>Sistema Fotovoltaico</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Sistema fotovoltaico</b><br/>Duración: 02:00<br/>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>   |                                     | <p><b>Módulo fotovoltaico</b><br/>Duración: 02:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | <p><b>Análisis del efecto del punto caliente en un módulo</b><br/>TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua<br/>Duración: 03:00</p>               |
| 5      | <p><b>Elementos del sistema Fotovoltaico</b><br/>Duración: 04:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |                                     |   |  |
| 6      | <p><b>Topologías de sistemas fotovoltaicos autónomos. Dimensionado</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Electrificación rural con sistemas fotovoltaicos</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> |                                     |   |  |



|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 7  | <p><b>Generadores fotovoltaicos conectados a la red</b><br/>Duración: 04:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Diseño de sistemas conectados a la red</b><br/>Duración: 02:00<br/>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> |  |  | <p><b>Diseño de un generador fotovoltaico de conexión a red</b><br/>TI: Técnica del tipo Trabajo IndividualEvaluación continua<br/>Duración: 04:00</p>   |
| 8  | <p><b>Seguridad en instalaciones fotovoltaicas</b><br/>Duración: 04:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |  |  | <p><b>Prueba, mediante test, sobre conocimientos básicos de la asignatura</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen EscritoEvaluación continua<br/>Duración: 01:00</p>   |
| 9  |  |  |  | <p><b>Trabajo final de Diseño de un Sistema Híbrido autónomo</b><br/>TG: Técnica del tipo Trabajo en GrupoEvaluación continua y sólo prueba final<br/>Duración: 00:00</p> <p><b>Presentación del trabajo final</b><br/>PG: Técnica del tipo Presentación en GrupoEvaluación continua y sólo prueba final<br/>Duración: 00:15</p> |
| 10 | <p><b>Energía: Generalidades</b><br/>Duración: 04:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |  |  |  |
| 11 | <p><b>Otras energías renovables</b><br/>Duración: 04:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |  |  |  |
| 12 |  |  |  | <p><b>Prueba mediante test sobre conocimientos básicos de la asignatura</b><br/>ET: Técnica del tipo Prueba TelemáticaEvaluación sólo prueba final<br/>Duración: 01:00</p>   |
| 13 |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |
| 16 |  |  |  |  |
| 17 |  |  |  |  |

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1 Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1 Evaluación continua

| 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      | CG4<br>CG2<br>CT5   |
| 4    | Análisis del efecto del punto caliente en un módulo                 | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual    | No Presencial | 03:00    | 2%              | 0 / 10      | CE15<br>CT4<br>CG4<br>CG2<br>CT5                                    |
| 7    | Diseño de un generador fotovoltaico de conexión a red               | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual    | No Presencial | 04:00    | 5%              | 0 / 10      | CT4<br>CG1<br>CG2<br>CT6  |
| 8    | Prueba, mediante test, sobre conocimientos básicos de la asignatura | EX: Técnica del tipo Examen Escrito        | Presencial    | 01:00    | 40%             | 4 / 10      | CT6<br>CT5<br>CG1<br>CG3<br>CG2                                     |
| 9    | Trabajo final de Diseño de un Sistema Híbrido autónomo              | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo      | No Presencial | 00:00    | 45%             | 4 / 10      | CE15<br>CT2<br>CG1<br>CG3<br>CG4<br>CT3<br>CG2<br>CT6<br>CT7<br>CT5 |
| 9    | Presentación del trabajo final                                      | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial    | 00:15    | 5%              | 4 / 10      | CT4<br>CG4  |

#### 7.1.2 Evaluación sólo prueba final

| Sem. | Descripción   | Modalidad                                  | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas  |
|------|---|--|---------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 9    | Trabajo final de Diseño de un Sistema Híbrido autónomo            | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo      | No Presencial | 00:00    | 45%             | 4 / 10      | CE15<br>CT2<br>CG1<br>CG3<br>CG4<br>CT3<br>CG2<br>CT6<br>CT7<br>CT5 |
| 9    | Presentación del trabajo final                                    | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial    | 00:15    | 5%              | 4 / 10      | CT4<br>CG4  |
| 12   | Prueba mediante test sobre conocimientos básicos de la asignatura | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática     | Presencial    | 01:00    | 50%             | 4 / 10      | CT2<br>CG1<br>CG4<br>CT3<br>CG2<br>CT6<br>CT7<br>CT5                |

### 7.1.3 Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2 Criterios de Evaluación

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.<br />Apuntes: Radiación Solar, Módulo Fotovoltaico, Baterías y Controladores de carga.<br />Applet funcionamiento de la célula solar<br />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

La metodología aplicada en esta asignatura es la de aprendizaje basado en proyectos.