**Nom assignatura**: Energia Solar Fotovoltaica  
Energía Solar Fotovoltaica   
Solar photovoltaics

**Codi**: (A omplir pel centre)

**Crèdits ECTS**: 5

**Idioma d’impartació:** Anglès/Castellà

**Unitat responsable**: EUETIB – Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona

**Departament**: 710 Enginyeria Electrònica

**Curs d’inici**: 2013/2014

**Titulacions**: Màster universitari en Enginyeria de l’Energia  
MSc EM Environomical Pathways for Sustainable Energy Systems - SELECT

**Responsable de l’assignatura**: Rafael Martin Lamaison Urioste

|  |
| --- |
| **Requisits** |

Capacitats prèvies:

* Fonaments d’enginyeria elèctrica.

Requisits:

* No té requisits específics.

|  |
| --- |
| **Professorat** |

Professor Responsable: Rafael Martin Lamaison Urioste

Professorat:

Horari d’atenció: Es publicarà a la intranet docent.

|  |
| --- |
| **Metodologia** |

**Metodologies docents**

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents metodologies docents:

* Classe magistral o conferència (EXP): exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.
* Classes participatives (PART): resolució col · lectiva d'exercicis, realització de debats i dinàmiques de grup amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula; presentació a l'aula d'una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts.
* Treball teòric-pràctic dirigit (TD): realització a l'aula d'una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora.
* Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): aprenentatge basat en la realització, individual o en grup, d'un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.
* Projecte o treball d'abast ampli (PA): aprenentatge basat en el disseny, la planificació i realització en grup d'un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions.
* Activitats d'Avaluació (EV).

**Activitats formatives:**

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents activitats formatives:

* Presencials
  + Classes magistrals i conferències (CM): conèixer, comprendre i sintetitzar els coneixements exposats pel professorat mitjançant classes magistrals o bé per conferenciants (presencial).
  + Classes participatives (CP): participar en la resolució col · lectiva d'exercicis, així com en debats i dinàmiques de grup, amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula (presencial).
  + Presentacions (PS): presentar a l'aula una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts (presencial).
  + Treball teòric pràctic dirigit (TD): realitzar a l'aula una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora (presencial).
* No Presencials
  + Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): dur a terme, individualment o en grup, un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats (no presencial).
  + Projecte o treball d'abast ampli (PA): dissenyar, planificar i dur a terme individualment o en grup un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions (no presencial).
  + Estudi autònom (EA): estudiar o ampliar els continguts de la matèria de forma individual o en grup, comprenent, assimilant, analitzant i sintetitzant coneixements (no presencial).

**Dedicació prevista de l’estudiant**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **hores** |
| Classes teòriques i conferències (CTC) | 32 |
| Classes pràctiques (CP) | 15 |
| Pràctiques de laboratori o taller (L/T) |  |
| Presentacions (PS) |  |
| Total (Grup Gran/Mitjà/Petit) | **47** |
| Tutories de treballs teòric pràctics (TD) | 15 |
| Total AD (Activitats Dirigides) | **15** |
| Projecte, activitat o treball d’abast reduït (PR) | 20 |
| Projecte o treball d’abast ampli (PA) | 30 |
| Estudi autònom (EA) | 13 |
| Total AA (Aprenentatge Autònom) | **63** |
| TOTAL | **125** |

**Sistema de qualificació**

|  |  |
| --- | --- |
|  | % |
| Prova escrita de control de coneixements (PE). | 60 |
| Treball realitzat en forma individual o en grup al llarg del curs (TR). | 35 |
| Assistència i participació en classes i laboratoris (AP). | 5 |

**Normes de realització de les activitats**

Per a la prova escrita de control de coneixements l’estudiant podrà disposar només d’un formulari i una calculadora programable.

Les nomes específiques dels treballs individuals i en grup es publicaran a la intranet docent.

|  |
| --- |
| **Learning objectives of the course** |

**Objectius**

* Fer una introducció a l'estudi de l'electricitat que es genera usant tecnologia solar fotovoltaica. Es consideren els diferents components del sistema (mòduls o panells, convertidors d'energia, emmagatzematge d'energia, regulador de càrrega, càrregues, etc.) i alguns aspectes de l'anàlisi i disseny.
* Estudiar algunes de les dues aplicacions més importants que utilitzen l'energia solar: sistemes fotovoltaics en autònoms i connectats a xarxa.

**Resultats de l’aprenentatge**

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:

* Compren el paper de l'energia solar en el context del sistema energètic regional i mundial, les seves connotacions econòmiques, socials i ambientals, així com l'impacte de la tecnologia en un context local i global.
* Compren els conceptes bàsics de la radiació solar, els principis i els principals paràmetres elèctrics dels dispositius fotovoltaics i coneix les característiques més importants dels elements dins d'una instal·lació fotovoltaica, a més dels panells: bateria, controlador de càrrega de la bateria, convertidor DC/DC, DC/AC (inversor ) i càrregues.
* Coneix les organitzacions pertinents, els projectes principals en l'àmbit internacional, les principals fonts d'informació i les normes relacionades amb la tecnologia solar fotovoltaica.
* Coneix algunes aplicacions pràctiques que utilitzen els sistemes solars fotovoltaics i és capaç de fer l’anàlisi i el disseny (dimensionat) d'un sistema autònom d'energia fotovoltaica i l'energia produïda per sistemes fotovoltaics connectats a xarxa.
* Coneix i sap analitzar el comportament d'un sistema d'auto-consum amb gestió comandat per la demanda i el mesurament de la xarxa.
* Compta amb els elements d'anàlisi i coneixements necessaris per dur a terme un projecte, escala d'enginyeria bàsica, en relació amb el subministrament d'energia mitjançant la tecnologia solar fotovoltaica.
* Coneix les principals línies de recerca en l'àmbit de les tecnologies de l’energia solar fotovoltaica i es capaç d’aportar idees innovadores.

|  |
| --- |
| **Competències** |

**BÀSIQUES I GENERALS**

CG1 Integrar i aplicar els coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió adquirits en la formació universitària, així com la seva capacitat de resolució de problemes, dins l'àmbit de l'enginyeria de l'energia.

CG3 Intervenir en processos de recerca, desenvolupament i innovació en l'àmbit de les tecnologies energètiques i de l'ús de l'energia en els sectors productius i de serveis, aportant nous coneixements, avenços tecnològics i solucions innovadores en equips de treball multidisciplinaris, nacionals o internacionals.

CG4 Analitzar de forma crítica les polítiques energètiques regionals, nacionals i supranacionals i saber aplicar la legislació en matèria energètica en qualsevol dels àmbits de l'enginyeria de l'energia i de la gestió energètica.

CG6 Dur a terme dictàmens i assessorament tècnic en l'àmbit de l'enginyeria de l'energia.

**ESPECÍFIQUES**

CE1 Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com, font d'energia fins al seu ús com servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental, i formular judicis valoratius.

CE4 Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic i aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques més noves en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

CE6 Aplicar criteris tècnics i econòmics a la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques més noves en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.

CE7 Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica d'aquests.

|  |
| --- |
| **Continguts** |

Mòdul 1. Introducció a l’Energia Solar Fotovoltaica

Mòdul 2. Radiació Solar.

Mòdul 3. Sistemes Fotovoltaics.

Mòdul 4. Anàlisi, dimensionat i manteniment de un sistema fotovoltaic.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1. Introducció a l’Energia Solar Fotovoltaica.** | **Dedicació**: | **2h** |
| Classes teòriques i conferències | 2h |
| Classes pràctiques | 0h |
| Activitats dirigides | 0h |
| Aprenentatge autònom | 0h |
| **Descripció:**  Introducció a l’energia Solar Fotovoltaica amb discussió dels seus avantatges i inconvenients i descripció dels components de un sistema fotovoltaic i de les aplicacions típiques. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant conegui les possibilitats i aplicacions dels sistemes solars fotovoltaics. | | |
| **Activitats vinculades:**  cap | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **2. Radiació Solar.** | **Dedicació**: | **2h** |
| Classes teòriques i conferències | 2h |
| Classes pràctiques | 0h |
| Activitats dirigides | 0h |
| Aprenentatge autònom | 0h |
| **Descripció:**  Introducció a la radiació solar i a alguns conceptes importants relacionats com el cos negre, l’espectre solar, irradiància, irradiació, massa d’aire i hora pic solar. L’estudiant, a més emprarà PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), que és una eina que proveeix promitjos mensuals i anuals de la radiació global en superfícies horitzontals i inclinades, així com altres dades climàtiques relacionades amb l’energia solar fotovoltaica. | | |
| **Objectius específics:**  Que l’estudiant adquireixi el coneixement sobre els conceptes més importants de la radiació solar emprant sistemes fotovoltaics i aprengui a fer servir l’eina PVGIS. | | |
| **Activitats vinculades:**  cap | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **3. Sistemes Fotovoltaics.** | **Dedicació**: | **50h** |
| Classes teòriques i conferències | 16h |
| Classes pràctiques | 5h |
| Activitats dirigides | 5h |
| Aprenentatge autònom | 24h |
| **Descripció:**  La primera part es presenta el comportament elèctric d'una cèl·lula solar fotovoltaica:   * Fonaments dels principis físics de la cèl·lula fotovoltaica: l'efecte fotovoltaic i com funciona una cèl·lula fotovoltaica. * El comportament elèctric d'un díode i la seva corba. * La cèl·lula solar il·luminada amb el seu símbol, circuit equivalent, equacions i corbes I-V. * Paràmetres importants com el corrent de curtcircuit (Isc), el voltatge de circuit obert (Voc), el voltatge i el corrent al punt de funcionament màxima potència, l'eficiència (η) i el factor d'emplenament (FF). * La corba P-V i els principals factors que afecten el rendiment de la cèl·lula solar. * L'efecte dels factors atmosfèrics i ombres en una sèrie de mòduls fotovoltaics i el seu efecte en la corba I-V.   A la segona part es tracta sobre el Balanç del Sistema (BOS) i els tipus de sistemes fotovoltaics:   * Bateries. * Reguladors. * Convertidors DC/DC. * Inversors (CC/CA). * Convertidor DC/DC com seguiment del punt de màxima potència (MPPT). * Les diferents configuracions dels sistemes fotovoltaics autònoms i connectats a la xarxa. | | |
| **Objectius específics:**  Que els estudiants adquireixin el coneixement i les habilitat necessàries per a la descripció, selecció, anàlisi i dimensionat de diferents components quant a un sistema fotovoltaic amb diferents configuracions. | | |
| **Activitats vinculades:**  1. Exercicis de sistemes fotovoltaics. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **4. Anàlisi, dimensionat i manteniment de un sistema fotovoltaic.** | **Dedicació**: | **71h** |
| Classes teòriques i conferències | 12h |
| Classes pràctiques | 10h |
| Activitats dirigides | 10h |
| Aprenentatge autònom | 39h |
| **Descripció:**   * Dimensionament d'un sistema autònom   + Exemples de com dissenyar i calcular una instal·lació fotovoltaica tenint en compte els diferents tipus d'aplicacions (sistemes residencials, bombament d'aigua, etc). * Disseny i obtenció de l'energia produïda a partir de sistemes fotovoltaics connectats a xarxa (GCPVS). * Simulació de sistemes autònoms i connectats a la xarxa, utilitzant el programari PVSYST o PV\*SOL. * Presentació en vídeo que mostra algunes instal·lacions fotovoltaiques. | | |
| **Objectius específics:**  Que els estudiants adquireixen els coneixements i habilitats necessaris per dur a terme a un projecte de sistemes autònoms i connectats a la xarxa, així com que coneguin els diferents tipus d'instal·lacions elèctriques fotovoltaiques amb les seves proteccions. | | |
| **Activitats vinculades:**  2. Projecte de sistemes autònoms i connectats a xarxa. | | |

|  |
| --- |
| **Planificació d’activitats** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1. Exercicis de Sistemes Fotovoltaics.** | **Dedicació**: | **32h** |
| Classes teòriques i conferències | - |
| Classes pràctiques | 5h |
| Activitats dirigides | 5h |
| Aprenentatge autònom | 24h |
| **Descripció:**  Resolució d’exercicis a classe de forma individual o en grups petits amb l’assessorament del professor i exercicis per a resoldre individualment. | | |
| **Material:**   * Exemples de problemes resolts. * Enunciats de problemes amb respostes (autoaprenentatge). * Enunciats de problemes a resoldre (avaluació continuada) | | |
| **Lliurament:**  Resolució dels exercicis proposats per resoldre a casa de forma individual o en petits grups. | | |
| **Objectius específics:** | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **2. Projecte de sistemes autònoms i connectats a xarxa** | **Dedicació**: | **55h** |
| Classes teòriques i conferències | - |
| Classes pràctiques | 10h |
| Activitats dirigides | 10h |
| Aprenentatge autònom | 39h |
| **Descripció:**  Aprenentatge basat en el disseny i planificació d'un projecte, treballant en grups, per aplicar i ampliar coneixement. Redacció d’un informe, que descriu l'enfocament, els resultats i les conclusions. Els estudiants han de dissenyar i dimensionar un sistema fotovoltaic autònom o connectat a xarxa. | | |
| **Material:**   * Exemples de projectes fotovoltaics autònoms i connectats a la xarxa. * Programari PVsyst o PV\*SOL. * Presentació en vídeo que mostra algunes instal·lacions fotovoltaiques. | | |
| **Lliurament:**  Informe del projecte. | | |
| **Objectius específics:**  L'alumne adquirirà les habilitats per seleccionar i dimensionar els components i equips més adequats per a un projecte solar fotovoltaic, així com els passos necessaris per dur-lo a terme. | | |

|  |
| --- |
| **Bibliografia** |

**Bàsica**:

* Course materials.
* Deutsche Gesellschaft filr sonnenenergie, ***Planning & Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers***: First published by Earthscan in the UK and USA in 2008, First edition published in 2005, reprinted 2006, Copyright © The German Energy Society (Deutsche Gesellshaft fur Sonnenenergie (DGS LV Berlin BRB), 2008.

**Complementària**:

* A. GOETZBERGER V.U. HOFFMANN, ***Photovoltaic Solar Energy Generation****,* Fraunhofer ISE, Heidenhofstr. Freiburg ISBN 3-540-23676-7 Springer Berlin Heidelberg New York.
* CALIFORNIA ENERGY COMMISSION, **A Guide to Photovoltaic (PV) Systems Design and Installation,** Endecon Engineering 347 Norris Court San Ramon, California.
* ANTONIO LUQUE,Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid, Spain and STEVEN HEGEDUS Institute of Energy Conversion, University of Delaware, USA, , ***Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*.**
* ALONSO ABELLA, M. ***Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de intalaciones de energía solar fotovoltaica***. Era Solar
* Castañer Muñoz, Luis. ***Energía solar fotovoltaica***, (aut.) Ediciones UPC, S.L. 1. ed.(01/1996).
* CASTRO GIL, M; CARPIO IBÁÑEZ, J.; GUIRAT TORRES, A.; COLOMENAR SANTOS, A; DÁVILA GÓMEZ, L.***Energía solar fotovoltaica****.*
* INGENIERÌA SIN FRONTERAS, ***Energía solar fotovoltaica y Cooperación al desarrollo***
* TOBAJAS, M. C.: ***Energía Solar Fotovoltaica****.* Ediciones CEYSA, 2ª Edició.
* GARCÍA ARAQUE, I. ***Energía solar y agricultura: Bombeos directos y riego automático por goteo con energía solar****.* Era Solar
* LORENZO, E. *Electricitat Solar.* ***Sistemas de Energía Fotovoltaica: Manual del Instalador****.* Asociación de la Industria Fotovoltaica.
* AGUILERA TEJERO, J. ***Aplicación de la Energía Solar Fotovoltaica****.*
* CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGIA SOLAR. ***La Energía Solar. Aplicaciones prácticas. Censolar***
* CASTRO, M.; CARPIO, J.; GUIRADO, R.; COLMENAR, A.; DAVILA, L. ***Energía Solar Fotovoltaica***