



Facultad de Ingeniería  
Comisión Académica de Posgrado

1195/11

Formulario de Aprobación Curso de Posgrado

Asignatura: Fundamentos de Energía Solar

Profesor de la asignatura <sup>1</sup>:  
(título, nombre, grado o cargo, Instituto o Institución)

Profesor Responsable Local : (título, nombre, grado, Instituto)  
Dr. Gonzalo Abal, G4 DT, IFFI

Otros docentes de la Facultad: (título, nombre, grado, Instituto)  
Dr. Horacio Failache, G4 DT, IFFI  
Dr. Enrique Dalchiele, G4 DT, IFFI  
Dr. Gonzalo Casaravilla, G5, IIE

Docentes fuera de Facultad: (título, nombre, cargo, Institución, país)  
Dra. Graciela Lesino, UNSA, Inv. CONICET, INENCO (instituto de Investigación en Energías No Convencionales), Salta, Argentina

Instituto ó Unidad: Instituto de Física  
Departamento ó Area: Energía Solar

<sup>1</sup> Agregar CV si el curso se dicta por primera vez.  
(Si el profesor de la asignatura no es docente de la Facultad se deberá designar un responsable local)

Fecha de inicio y finalización: 06.03.2012 a 22.06.2012

Horario y Salón: martes y jueves 18:00 a 19:30 hs.  
viernes 17:00 a 19:00 hs.  
salón de seminarios del IFFI

Horas Presenciales: 75 horas

Nº de Créditos: 12  
(de acuerdo a la definición de la UdelAR, un crédito equivale a 15 horas de dedicación del estudiante según se detalla en el ítem metodología de la enseñanza)

Público objetivo y Cupos:  
(si corresponde, se indicará el número de plazas, mínimo y máximo y los criterios de selección. Si no existe indicación particular para el cupo máximo, el criterio general será el orden de inscripción en el Depto. de Posgrado, hasta completar el cupo asignado)

Ingenieros Mecánicos, Eléctricos, Civiles, Hidráulicos. Licenciados en Física.  
Cupo mínimo: 5. Cupo máximo: 20. Se priorizará a los inscriptos en la Maestría en Ingeniería de la Energía.

Objetivos: General: Describir los mecanismos físicos determinantes en la conversión de la energía solar en energía (térmica o eléctrica) aprovechable. Particulares: Considerar las técnicas usadas para el modelado y la estimación del recurso solar. Analizar el funcionamiento de diversos dispositivos de captación, concentración y almacenamiento de energía solar. Conocer los principios básicos del acondicionamiento térmico bioclimático. Analizar el fenómeno fotovoltaico en diversas estructuras sobre materiales cristalinos, policristalinos y amorfos. Caracterizar y diseñar celdas solares a través de sus figuras de mérito más importantes.

Conocimientos previos exigidos:  
Electromagnetismo y Termodinámica a nivel intermedio en Ingeniería o equivalente.

**Conocimientos previos recomendados:** Termodinámica de sistemas abiertos, Transferencia de calor y masa. Nociones de Física Moderna, Física del Estado Sólido o de los Dispositivos Electrónicos.

**Metodología de enseñanza:**

(comprende una descripción de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura y su distribución en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

- Horas clase (teórico): 45
- Horas clase (práctico): 10
- Horas clase (laboratorio): 4
- Horas consulta: 6
- Horas evaluación: 10
  - Subtotal horas presenciales: 75
- Horas estudio: 45
- Horas resolución ejercicios/prácticos: 30
- Horas proyecto final/monografía: 30
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 180

**Forma de evaluación: 3 pruebas parciales + 1 proyecto con defensa oral**

Cada parcial: 20 puntos. Proyecto final: 40 puntos. Se aprueba el curso con al menos 60 pts, con al menos 30 pts en la suma de los parciales y al menos 20 pts en el proyecto.

**Temario resumido:**

- **Radiación Solar.** Movimiento del sol. Efecto de la atmósfera. Radiación directa y difusa. Medidas de radiación. Instrumentos. Estimación de la radiación incidente en una superficie plana horizontal e inclinada. Estimación de radiación horaria media a partir de datos diarios. Modelos de día claro. Modelos de radiación basados en datos satelitales.
- **Fundamentos de Transferencia de calor. Conducción térmica. Radiación.** Superficies grises. Convección natural y forzada. Transmisión de radiación a través de placas de vidrio. Producto  $\tau \cdot \alpha$
- **Colectores planos.** Balance térmico. Distribución de temperaturas. Eficiencia para colectores planos. Colectores tubulares. Heat pipes. Tipos disponibles. Análisis de eficiencia.
- **Colectores concentradores (CC).** CC Parabólico lineal. CC parabólico individual. Performance comparativa. Arrays CC de torre central.
- **Almacenamiento de energía térmica.** Tanques de agua. Estratificación. Sistemas con cambio de fase. Almacenamiento químico. Baterías. Almacenamiento estacional.
- **Acondicionamiento bioclimático.**
- **Cristales. Enlaces y bandas en cristales.** Estados electrónicos en semiconductores. Metales, semi-metales, semiconductores. Masa efectiva. Electrones y agujeros. Gap directo e indirecto. Semiconductores en equilibrio: densidad de estados en semiconductores intrínsecos. Impureza y doping en semiconductores.
- **Generación y recombinación.** Absorción de la luz. Foto-generación. Juntura p-n. Metal-semiconductor. Semiconductor-semiconductor (homo- y hetero-juntura). Comportamiento en oscuridad y bajo iluminación. Curvas I-V. Respuesta espectral.
- **Celdas solares de silicio monocristalino.** Otros materiales. Películas delgadas. Celda de Gratzel. Límites de eficiencia y pérdidas. Tercera generación. Sistemas fotovoltaicos.

**Bibliografía:**

Universidad de la República – Facultad de Ingeniería, Comisión Académica de Posgrado/FING  
Julio Herrera y Reissig 565, 11300 Montevideo, Uruguay  
Tel: (+5982) 711-0544; Fax: (+5982) 711-5446 URL: <http://www.fing.edu.uy>

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

Básica:

1. Solar Engineering of Thermal Processes, John A. Duffie and William A. Beckman, de. John Wiley and Sons, ISBN-13 978-0-471-69867-8, 3ra edición 2006 .
2. Principles of Solar Engineering, Y. Goswami, F. Kreith, J. Kreider, Second Edition, Taylor & Francis, 2000, ISBN: 978-1-56032-714-1.
3. 2. M. A. Green, *Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications*, Prentice-Hall series in solid state physical electronics, 1982, ISBN 0-13-822270-3.
4. 3. J. Nelson, *The Physics of Solar Cells*, Imperial College Press, 2003, ISBN 10-186-0-943497.

Consulta:

1. Solar Energy: Principles of Thermal Collection and Storage, S.P. Sukhatme, J.K. Nayak, Third Ed. Tata Mc Graw Hill Publishing Co. New Delhi, 2008, ISBN: 978-0-07-014296-1.
2. Solar Energy Engineering: Processes and Systems, S.A. Kalogirou, Elsevier, 2009, ISBN: 978-0-12-374501-9.
3. Modelling Solar Radiation at the Earth Surface: Recent Advances, V. Badescu, Springer, 2008, ISBN: 978-3-540-77454-9.
4. Solar radiation and daylight models, T. Muneer, Elsevier, ISBN 0 7506 5974 2, 2004.
5. Fundamentals of Heat and Mass Transfer, G.P. Incropera and D.P. De Witt, Third Ed., John Wiley and Sons, 1990.
6. M A. Green, *Third Generation Photovoltaics: Advanced Solar Energy Conversion*, Springer Series in Photonics, 2003, ISBN 3-540-40137-7.