



Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ingeniería

## PROGRAMA ANALÍTICO

**DEPARTAMENTO: MECÁNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRICISTA**

**ASIGNATURA: ENERGÍA SOLAR**

**CÓDIGO: 478**

**AÑO ACADÉMICO: 2019**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1ER. CUATRIMESTRE DE 5TO. AÑO**

**DOCENTE A CARGO: Martín Lucchini**

**EQUIPO DOCENTE: Jorge Adaro, Martín Lucchini, Javier Garnica, Fabián Romero, Jorge Morsetto, Javier Marchesi, Javier Zizzias, Rodolfo Stoll, Jorge Barral, Pablo Galimberti, Jorge Daghero**

**RÉGIMEN DE ASIGNATURAS:**

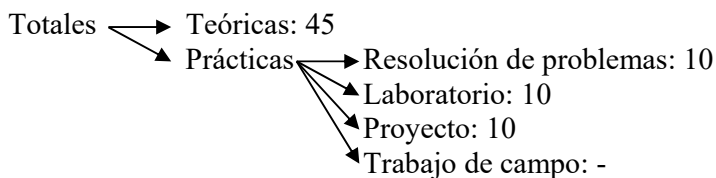
| <i>Aprobada</i> | <i>Regular</i> |
|-----------------|----------------|
| 0423            | -              |
| 0424            | -              |
| 0428            | -              |

**DURACIÓN DEL CUATRIMESTRE:**

Del 11 de marzo de 2019 al 22 de junio de 2019.

**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Semanales: 5





*Universidad Nacional de Río Cuarto*  
*Facultad de Ingeniería*

### **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:**

Consta de un parcial escrito sobre contenidos básicos desarrollado en la primera parte del cursado y un coloquio integrador, el mismo puede ser grupal, y tratara sobre dos o más temas específicos desarrollados en la segunda mitad del curso.

Fecha del parcial: 04 de mayo de 2018.

Fecha de Recuperatorio: 18 de mayo de 2018.

### **HORARIO DE CLASE:**

Jueves de 14 a 16 horas.

Viernes de 11 a 13 horas.

### **HORARIO DE CONSULTA:**

Lunes de 13 a 15 horas (Morsetto)

Lunes de 10 a 12 horas (Lucchini)

Miércoles de 10 a 12 horas (Galimberti)

Viernes de 14 a 16 horas (Garnica)

### **CARÁCTER DE LA ASIGNATURA:**

Optativa

### **OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA:**

#### OBJETIVOS GENERALES

Se espera que el alumno:

- a) Comprenda las consecuencias de la utilización de las energías de origen fósil sobre el ambiente y conozca distintos aspectos de la crisis energética global.
- b) Conozca los fundamentos de la radiación solar, su geometría, la influencia de la atmósfera, la medición de la radiación solar y los datos disponibles para cálculos ingenieriles.
- c) Integre los contenidos de la asignatura con conceptos y procedimientos básicos de otras asignaturas afines anteriores como Termodinámica, Mecánica de los Fluidos, Electricidad y Magnetismo.
- d) Comprenda el comportamiento de los distintos materiales utilizados en las aplicaciones de energía solar.
- e) Sea capaz interpretar conceptualmente los análisis térmicos y eléctricos que se producen en los distintos componentes solares que se vean en el curso.
- f) Adquiera habilidad en la aplicación de su conocimiento teórico en problemas reales, teniendo en cuenta aspectos económicos vinculados a la aplicación de las energías renovables.



*Universidad Nacional de Río Cuarto*  
*Facultad de Ingeniería*

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se pretende que el alumno sea capaz de:

- a) Aplicar los conceptos básicos de radiación y geometría solar, como así también los modelos teóricos de atenuación atmosférica para calcular la radiación solar incidente sobre superficies con distintas orientaciones y bajo diferentes condiciones climáticas.
- b) Manejar los conceptos de transferencia de calor y comportamiento de los materiales para su aplicación a problemas característicos de la ingeniería solar.
- c) Interpretar el funcionamiento térmico de los colectores solares de placa plana para estimar ganancias y pérdidas de energía del mismo, extrapolando la metodología de análisis a otros componentes solares.
- d) Analizar el funcionamiento de sistemas solares activos y pasivos que utilicen distintos tipos elementos de captación, almacenamiento y control de la energía térmica.
- e) Comprender el funcionamiento de los sistemas de calentamiento de agua, como así también realizar el dimensionamiento de los mismos.
- f) Entender los principios que se deben utilizar para realizar la climatización de edificios mediante energía solar, fundamentalmente mediante el uso de métodos pasivos e híbridos y conservación de la energía.
- g) Entender los principios básicos de otras aplicaciones de la energía solar como lo son: Invernaderos, Secadores, destiladores, Pozas solares, etc.
- h) Manejar los conceptos que importan a la conversión de energía solar en eléctrica, como así también realizar el dimensionamiento de fotovoltaicos sistemas básicos.

## **CONTENIDOS:**

### **UNIDAD 1: Introducción a la energía solar**

- 1.1 La crisis ambiental y el problema energético.
- 1.2 El panorama energético global y nacional.
- 1.3 Las energías renovables y la energía solar.

### **UNIDAD 2: Radiación Solar**

- 2.1 El sol, la constante solar, radiación extraterrestre y su variación.
- 2.2 Rayo solar sobre superficies horizontales e inclinadas, ángulos.
- 2.3 Instrumentos de medición: Piranómetros y Pirheliómetros.
- 2.4 Atenuación atmosférica. Estimación de la radiación solar media.
- 2.5 Datos de radiación solar disponibles sobre la superficie terrestre.
- 2.6 Estimación de la radiación solar. Valores medios horarios, diarios y mensuales.
- 2.7 Componentes directa, difusa y reflejada. Modelos de radiación solar. Radiación solar sobre superficies inclinadas.
- 2.8 Utilizabilidad de la radiación solar.

### **UNIDAD 3: El Colector Solar Plano, su análisis energético.**

- 3.1 Descripción del colector solar de placa plana.
- 3.2 Transferencia de calor en dispositivos solares. Revisión de conceptos previos.
- 3.3 Ecuaciones básicas de balance energético del colector solar de placa plana.



*Universidad Nacional de Río Cuarto*

*Facultad de Ingeniería*

- 3.4 Coeficiente global de pérdidas de calor del colector.
- 3.5 Factores de eficiencia, de remoción de calor y de flujo del colector.
- 3.6 Producto Transmitancia-Absortancia efectivo.
- 3.7 Efectos de ensuciamiento y sombreado. Efectos de capacidad térmica del colector.
- 3.8 Colectores de aire.
- 3.9 Medición de las performances de los colectores. Tests de eficiencia. Modificador del ángulo de incidencia. Correcciones. Consideraciones prácticas.
- 3.10 Colectores solares concentradores. Otros tipos de colectores.

#### **UNIDAD 4: Cálculo de Sistemas de Aprovechamiento Térmico Pasivos y Activos.**

- 4.1 La necesidad de almacenamiento de energía en los sistemas solares.
- 4.2 Almacenamiento en agua. Proceso de estratificación en tanques.
- 4.3 Almacenamiento en lecho de piedras, en paredes y con sistemas de cambio de fase.
- 4.4 Cargas térmicas en los procesos solares. Calentamiento de agua. Climatización, método de los grados-día.
- 4.5 Sistemas activos y Pasivos. Aplicaciones prácticas. Concepto de fracción solar.
- 4.6 Análisis económico de los sistemas solares. Variables de diseño. Distintos métodos de análisis. Amortización, Inflación, Costo del ciclo de vida del sistema.

#### **UNIDAD 5: Calentamiento de Agua.**

- 5.1 Características de las demandas de agua caliente.
- 5.2 Distintos sistemas de calentamiento solar de agua.
- 5.3 Operación de los sistemas de provisión de agua caliente.
- 5.4 Dimensionamiento de los sistemas.
- 5.5 Predicción de la performance del sistema.
- 5.6 Calentamiento solar de agua de piscinas.

#### **UNIDAD 6: Climatización de Edificios.**

- 6.1 Definiciones de arquitectura bioclimática,
- 6.2 Sistematización de variables climáticas para la ciudad de río cuarto
- 6.3 Concepto de confort. Identificación de pautas constructivas de acuerdo con los métodos de Givoni y Mahoney
- 6.4 Descripción de algunas estrategias bioclimáticas: ventilación e inercia térmica.
- 6.5 Estudio del comportamiento térmico dinámico de distintos sistemas constructivos de pared. Descripción de casos simples de simulación.

#### **UNIDAD 7: Tratamiento solar de aguas.**

- 7.1 Destilación solar: Principio de funcionamiento de un destilador solar.
- 7.2 Clasificación. Calculo de la producción de agua destilada. Aplicaciones.
- 7.3 Calculo de una planta de destilación solar.
- 7.4 Reactores solares: Principio de funcionamiento. Clasificación.
- 7.5 Principales características de los componentes de un fotorreactor.
- 7.6 Principales usos. Planta de tratamiento de aguas contaminadas: Pautas a seguir para su dimensionamiento



*Universidad Nacional de Río Cuarto*  
*Facultad de Ingeniería*

### **UNIDAD 8: Sistemas Fotovoltaicos.**

- 8.1 Conversión directa mediante células solares. Principios básicos. Comportamiento de las células solares.
- 8.2 El sistema fotovoltaico: generador, acumulador, regulador y carga.
- 8.3 Característica y tipo de paneles fotovoltaicos.
- 8.4 Interconexión de paneles.
- 8.5 Aplicaciones: sistemas fotovoltaicos autónomos, sistemas híbridos y sistemas conectados a red.
- 8.6 Dimensionado de sistemas fotovoltaicos. Estimación de la radiación solar a partir de los valores medios mensuales y Cálculo de los elementos de la instalación.
- 8.7 Estudio de viabilidad. Presentación de Proyecto. Ejecución y mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas.
- 8.8 Centrales fotovoltaicas: Descripción de su diseño y características de operación.

### **UNIDAD 9: SECADO Y COCINAS SOLARES.**

- 9.1 Introducción a la teoría de secado solar. Propiedades de aire húmedo. Diagrama psicrométrico. Curvas y cinética de secado.
- 9.2 Clasificación de los sistemas de secado solar. Métodos clásicos y tipos de secaderos solares. Análisis de variables y materiales utilizados.
- 9.3 Principios generales de cocinas solares.
- 9.4 Tipos y clasificación de cocinas. Comparación, funcionamiento, ventajas y desventajas.
- 9.5 Pautas de fabricación. Cuidados y medidas de seguridad en fabricación y cocción de alimentos.

### **UNIDAD 10: Concentradores Solares**

- 10.1 Introducción. Parámetros característicos. Clasificación.
- 10.2 Tipos de concentradores: Cilíndrico-parabólicos, de Fresnel lineal, de disco parabólico, de torre central.
- 10.3 Concentradores cilíndrico-parabólicos (CCP): Principios de operación. Componentes. Parámetros de rendimiento y pérdidas. Aplicaciones industriales.

### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:**

Las clases serán teórico-prácticas. En las mismas se desarrollarán los principios fundamentales y se resolverán problemas de aplicación.

Desde la primer clase se trabajará fijando como punto inicial los objetivos, ya sean éstos de la asignatura, del capítulo en estudio, o de cada tema en particular, a fin de que el alumno tenga en claro en todo momento qué está haciendo, por qué y para qué.

Algunos temas cubiertos parcialmente en asignaturas anteriores serán repasados conceptualmente y ampliados si es necesario a fin de lograr una optimización del tiempo de alumnos y docentes y lograr una conexión adecuada entre las asignaturas.

Con el objeto de lograr el interés de los alumnos, se trabajará ejemplificando continuamente sobre casos prácticos reales, mostrando la aplicación de las herramientas ya conocidas de otras asignaturas y/o los conceptos básicos de la energía solar. Se profundizarán algunos aspectos tecnológicos de carácter general y algunos puntos más específicos de acuerdo a las posibilidades de avance del curso y la consecuente disponibilidad de tiempo.



*Universidad Nacional de Río Cuarto*

*Facultad de Ingeniería*

En la resolución de problemas se promoverá la discusión de los mismos, desarrollando algunos de ellos en clase. Se requerirá la resolución de algunos problemas numéricos mediante la programación y uso de computadora.

### **MODALIDAD DE EVALUACIÓN:**

**Alumnos regulares:** a la finalización del estudio de los conceptos básicos, incluyendo el análisis del colector plano, se realizarán una evaluación parcial escrita de carácter teórico-práctico en la que el alumno podrá disponer de todo el material bibliográfico que esté a su alcance. La evaluación se aprobará con la obtención de cinco (5) puntos sobre un total de diez (10). Habrá una opción de recuperación para este parcial. A la finalización del curso, y en función de los temas vistos, los alumnos deberán presentar proyectos de final de curso, los cuales se podrán realizar en forma grupal (grupos de no más de tres alumnos). Sobre dicho proyecto deberán presentar un informe, el cual básicamente incluirá:

#### a) Memoria Descriptiva:

Ésta deberá ser de una o dos páginas de extensión, conteniendo puntos esenciales del trabajo realizado: de que se partió, qué se supuso, cuáles fueron los objetivos, que metodología básica de trabajo se utilizó y a qué conclusiones se arribó (y algunas otras cuestiones que también se consideren de importancia).

Debe pensarse que dicha memoria descriptiva está dirigida a un gerente empresario que no está familiarizado con los detalles de los procesos solares pero que es un profesional con experiencia en distintos campos de la ingeniería.

#### b) Reporte Técnico:

Esté deberá constar de los siguientes ítems: el planteamiento del proyecto (datos iniciales), los fundamentos en los cuales se basaron los cálculos, las suposiciones realizadas, las tablas, gráficos y bases de datos utilizados (lo que corresponda), esquemas o planos, análisis económico del proyecto (a grandes rasgos) y un análisis de los resultados. Sería conveniente que se enumeraran también las dificultades encontradas, problemas tecnológicos, propuestas alternativas (si las hubiera), etc. Este reporte debe estar orientado a un supuesto supervisor técnico de su trabajo que es un ingeniero familiarizado con la tecnología solar.

La nota obtenida en el examen parcial se integrará a los resultados de la evaluación del proyecto para conformar la nota final de la asignatura. De resultar ésta nota final superior a siete (7) puntos el alumno estará promocionado en la asignatura. Quien no alcanzare los requisitos de promoción luego de esta etapa, quedará en condición de alumno regular si con el examen parcial y el proyecto obtiene al menos cuatro (5) puntos, debiendo rendir un examen convencional con parte práctica y parte teórica.

**Alumnos libres:** se realizará según el programa vigente de la asignatura consistiendo de una evaluación escrita que se aprobará obteniendo una nota de por lo menos cuatro (5) puntos. Aprobado el examen escrito se accede al examen oral que se aprobará con cuatro (5) o más puntos. La nota del examen final será el promedio de las dos evaluaciones antes mencionadas.



Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ingeniería

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:**

A continuación se presenta un cronograma tentativo semanal para el desarrollo de los distintos capítulos que comprenden la asignatura. El coloquio integrador se realizará después de obtenidos los requisitos expuestos en el punto anterior.

| Semana \ Capítulo | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1                 | *** |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |
| 2                 |     | *** | *** | *** |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |
| 3                 |     |     |     |     | *** |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |
| 4                 |     |     |     |     |     | *** |     |     |    |     |     |     |     |     |     |
| 5                 |     |     |     |     |     |     | *** |     |    |     |     |     |     |     |     |
| 6                 |     |     |     |     |     |     |     | *** | ** |     |     |     |     |     |     |
| 7                 |     |     |     |     |     |     |     |     | *  | *** |     |     |     |     |     |
| 8                 |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     | *** | *** | *** |     |     |
| 9                 |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     | *** | *** |
| Examen Parcial    |     |     |     |     |     |     |     | X   |    |     |     |     |     |     |     |
| Entrega proyecto  |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     | X   |

**BIBLIOGRAFÍA:**

| Título  | Autor/s  | Editorial       | Año de Edición | Ejemplares Disponibles |
|---|--|-----------------|----------------|------------------------|
| Solar Engineering of Thermal Processes                                    | Duffie, J. A. y Beckman, W. A.                   | Wiley & Sons    | 1991           | 1                      |
| Aplicaciones de la Energía Solar,   | Meinel, A. Meinel, M.                            | Reverté         | 1982           | 1                      |
| Energía Solar Térmica   | Rufes Martinez, Pedro                            | Marcombo        | 2009           |                        |
| Energía Solar Térmica   | Sánchez Masa, M A                                | Nueva Librería  | 2017           | 1                      |
| Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica | Ciemat -Ministerio de educación y ciencia España | Ciemat - Madrid | 2007           | 1                      |
| Conversión Térmica de la Radiación Solar                                  | Chassériaux, J. M                                | Mosaico,        | 1990           | 1                      |



Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ingeniería

|  |  |                                    |      |   |
|--|--|------------------------------------|------|---|
| Solar Design, Components, Systems, Economics,  | Kreider, J. F., Hoogendoorn, C. J. y Kreith, F., , | Hemisphere Publishing Corporation, | 1989 |   |
| Energía Solar, Selección del Equipo, Instalación y Aprovechamiento                       | Montgomery, R. N.                                  | Limusa                             | 1994 | 1 |
| , La Radiación Solar, Conversión Térmica y Aplicaciones,                                 | Bernard, R., Menguy, G. y Schwartz, M.,            | Lavoisier                          | 1982 |   |
| Passive Solar Energy   | Anderson, B. y Wells, M.                           | Brick House Publishing Company     | 1994 | 1 |
| Solar Electricity,   | Markvart, T.                                       | Wiley & Sons                       | 1994 | 1 |
| The Solar Electric House: A Design Manual for Home-Scale Photovoltaic Power Systems,     | Strong, S. J. y Scheller, W. G.                    | Sustainability Press               | 1991 | 1 |
| Solar Energy: Fundamentals, Design, Modelling and Applications                           | G.N. Tiwari  | Alpha Science International Ltd.   | 2008 | 2 |
| Solar Energy Engineering   | S. Kalogirou                                       | Elsevier                           | 2009 | 1 |
| Concentrating Solar Thermal Power. In Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy | M. Romero-Alvarez, E. Zarza                        | CRC Press                          | 2007 | - |

**MODALIDAD DE EVALUACIÓN:**

Como se indicó anteriormente consta de un parcial y un coloquio integrador. En el caso de la promoción, tener en cuenta lo establecido por Resolución del Consejo Superior N° 120/17: "Obtener una calificación promedio de siete puntos sin registrar instancias evaluativas con notas inferiores a cinco puntos. Recuperar cada instancia evaluativa, definida como requisito para la obtención de la promoción, cualquiera sea la calificación obtenida.





Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ingeniería

**-Escala de Calificaciones:**

| ESCALA PORCENTUAL                           | ESCALA CONCEPTUAL |               |
|---|-------------------|---------------|
| Del 0 % a menos del 10 % de los contenidos  | Desaprobado       |               |
| Del 10 % a menos del 20 % de los contenidos |                   |               |
| Del 20 % a menos del 30 % de los contenidos |                   |               |
| Del 30 % a menos del 40 % de los contenidos |                   |               |
| Del 40 % a menos del 50 % de los contenidos |                   |               |
| Del 50 % a menos del 60 % de los contenidos | Aprobado          | Suficiente    |
| Del 60 % a menos del 70 % de los contenidos |                   | Bueno         |
| Del 70 % a menos del 80 % de los contenidos |                   | Muy Bueno     |
| Del 80 % a menos del 90 % de los contenidos |                   | Distinguido   |
| Del 90 % a menos del 96 % de los contenidos |                   | Sobresaliente |
| Del 96 % al 100% de los contenidos          |                   |               |

\_\_\_\_\_  
Firma Docente Responsable

\_\_\_\_\_  
Firma Secretario Académico



*Universidad Nacional de Río Cuarto*  
*Facultad de Ingeniería*