

## **ASIGNATURA OPTATIVA SOBRE ENERGÍA SOLAR EN CARRERAS DE GRADO DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**

Jorge R. Barral, Jorge A. Adaro, Alba I. Lema, Pablo D. Galimberti  
Universidad Nacional de Río Cuarto - Facultad de Ingeniería  
Ruta Nacional 36 km 601, (5800) Río Cuarto - Córdoba  
Tel. (0358) 467 6246 - Fax (0358) 467 6246  
E-mail [jbarral@ing.unrc.edu.ar](mailto:jbarral@ing.unrc.edu.ar)

**RESUMEN** El Grupo de Energía Solar de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto ofreció una asignatura optativa sobre Energía Solar en el grado de las carreras de Ingeniería Electricista, Mecánica y Química. El objetivo de la propuesta fue formar a los alumnos para que entiendan claramente los fundamentos de la Energía Solar y sus aplicaciones, difundan con convencimiento y conocimiento los beneficios de las fuentes renovables de energía y apliquen profesionalmente las habilidades adquiridas en casos prácticos concretos. Se empleó una metodología de dictado teórico-práctica con una parte básica y otra aplicada terminando el curso con proyectos finales grupales. Los resultados fueron muy buenos. Se concluye en que la propuesta resulta conveniente tanto para los alumnos como para los investigadores a cargo del dictado, siendo recomendable que otros grupos de investigación de instituciones en similares condiciones, se sumen con iniciativas semejantes a la aquí descrita.

**Palabras clave:** asignatura optativa, energía solar, ingeniería, nivel de grado.

### **INTRODUCCIÓN**

Entre las razones que hacen a la baja utilización de las energías renovables, se identifican los problemas de falta de conocimiento de la gente en general y falta de formación de los profesionales que potencialmente estarían capacitados para trabajar en su aprovechamiento (Kandpal y Garg, 1998). La formación de profesionales en el área de renovables surge entonces como una tarea impostergable para todos aquellos que se dediquen a la investigación y desarrollo en estos temas, teniendo sobre todo en cuenta que los estudiantes que van a egresar de las universidades serán los futuros ingenieros, arquitectos, educadores, políticos y clase dirigente en general de un futuro mediato (Grimnes, 1999).

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto se han realizado ya acciones de formación en el área de Energía Solar nivel de posgrado (Facultad de Ingeniería, 1993, 1998), en actividades de postítulo para docentes de nivel medio (UNRC, 1999) y se ha iniciado un proyecto de capacitación para las asignaturas "Educación Tecnológica" del Polimodal (Barral et al., 1999). En el caso de los cursos de posgrado los receptores del beneficio han sido mayormente docentes de Universidades dedicados a tareas de docencia e investigación dentro de las propias Universidades, con una marcada orientación de los cursos a los aspectos vinculados al estudio e investigación de la Energía Solar, resultando en un impacto directo en la comunidad bastante bajo, o por lo menos muy lento. En el caso de los postítulos y el proyecto en "Educación Tecnológica", quienes reciben la acción formativa son profesores de nivel medio con el propósito de que los principios básicos de las energías renovables sean transferidos a sus alumnos, siendo en este caso la formación de un nivel bastante elemental, a la medida de los alumnos a quienes va dirigido el servicio, realizando así una acción de promoción efectiva y motivadora aunque de una relativa aplicación práctica a los problemas de la vida real.

En este marco, luego de estos emprendimientos en formación en segundo y cuarto nivel surgió en el seno del Grupo de Energía Solar (GES) de la Facultad de Ingeniería de la UNRC la necesidad de ofrecer una opción de formación a nivel de grado en Energía Solar. El punto central de análisis fue que había un grupo de varios docentes dedicados a la investigación en Energía Solar y con una cantidad considerable de material didáctico y experiencias realizadas. Además, dichos docentes contaban todos con varios años en el dictado de distintas asignaturas de las carreras que se ofrecen en la Facultad. Estos últimos dos puntos garantizaban cubrir las más comunes deficiencias que apuntan varios autores sobre la enseñanza de energías renovables, que son la falta de formación de los docentes en los temas y su didáctica particular y la falta de material adecuado para llevar adelante las clases (Broman, 1995)

La nueva propuesta fue favorecida por la existencia en los Planes de Estudio de las carreras de las Ingenierías Mecánica, Química y Electricista de asignaturas optativas para cursar en los últimos años de dichas carreras. En este caso, el objetivo fue muy claro: formar a los futuros profesionales de manera tal que sean capaces de entender claramente los fundamentos de la Energía Solar y sus posibilidades de aplicación, difundir con convencimiento y conocimiento los beneficios del uso de esta fuente renovable de energía y aplicar con idoneidad y profesionalidad las habilidades adquiridas en casos prácticos concretos.

## ANÁLISIS INICIAL DE LA PROPUESTA

Varios aspectos se tuvieron en cuenta para la implementación de esta asignatura optativa, todos ellos tendientes a lograr una asignatura atractiva para los alumnos, efectivizar un dictado eficiente que satisfaga tanto los objetivos del GES como las expectativas de los cursantes, tratando además de optimizar los recursos humanos disponibles. Del análisis con colegas de otras instituciones se ha concluido en que estos aspectos son problemáticas comunes para aquellas universidades que ofrecen asignaturas optativas, por lo cual se les analiza más en detalle.

### *Marketing de la asignatura.*

Siendo las asignaturas optativas ofrecidas en los últimos años, se han de tener especialmente en cuenta cuáles son los intereses de los alumnos en esta etapa de su carrera. A partir de la experiencia de la Facultad de Ingeniería de la UNRC, adonde ya se llevan 4 años en el dictado de optativas, se ha notado que los alumnos tienden a evitar aquellas asignaturas que presuponen una fuerte componente básica, sobre todo en lo que hace a una intensa fundamentación físico-matemática, inclinándose por aquellas materias que evidencian aplicabilidad inmediata y más vinculadas a una salida laboral, como asignaturas de gestión y management, organización industrial, control de calidad, etc., o al menos a algunas otras que a prima fascie no les implicarán un esfuerzo mental apreciable y les permitirán recibirse más rápidamente.

Cobra aquí entonces una importancia fundamental la forma en que el equipo docente prepara la presentación de su oferta tanto en los que hace a la selección de los contenidos como a la metodología de trabajo a desarrollar. En el caso particular de Energía Solar, en la cual necesariamente se había de incluir una fundamentación física inicial, la misma fue presentada como parte conceptual de la asignatura, basada mayormente en cosas por ellos ya vistas en otros cursos y con un soporte matemático simple, todo lo cual es realmente cierto y despejó los temores iniciales.

Se puso énfasis en las aplicaciones y resolución de problemas concretos para terminar con un proyecto grupal integrador de la asignatura. Teniendo en cuenta por otro lado el interés de los jóvenes por las cuestiones vinculadas al desarrollo sustentable y la ecología y las tendencias mundiales favorables sobre la utilización de energías renovables, se remarcaron las vinculaciones de la Energía Solar en ese sentido.

### *Sobre los objetivos de los que dictan y los que cursan y la bibliografía adoptada.*

La presentación atractiva de la asignatura no debía perjudicar los objetivos del equipo docente, para lo cual se trabajó de forma tal de lograr una buena primera parte de la asignatura que comprendiera los puntos físicos básicos y permitiera un posterior desarrollo efectivo de las aplicaciones solares.

Dado que los alumnos de ingeniería han tenido una buena formación en física y matemáticas, se presupuso que los temas básicos no representarían dificultades, lo cual realmente aconteció, haciendo que esta primera parte no resultase tediosa y se pudiese trabajar apuntando a problemas (geometría solar, radiación, transferencia de calor, propiedades de los materiales, etc.). En lo que respecta a las expectativas de los alumnos, éstas se vieron plenamente satisfechas cuando se estudiaron las distintas aplicaciones, las cuales pudieron tratarse con un buen enfoque conceptual y utilizando las herramientas de cálculo adecuadas que ya habían sido asimiladas. Se concluyó el curso con la elaboración de proyectos finales grupales a elección, los cuales sirvieron para reforzar el enfoque netamente ingenieril y profesional que se le dio a la asignatura.

La bibliografía adoptada, aunque en idioma inglés (los alumnos tienen dos cursos obligatorios de este idioma en su carrera), contribuyó al cumplimiento de estos objetivos y expectativas dado su carácter de material de autoestudio y la profundidad de ejemplos prácticos. En forma general se adoptó para todo el cursado el libro "Solar Engineering of Thermal Processes" (Duffie y Beckman, 1991), tomándose algunos aspectos de radiación solar de "An Introduction to Solar Radiation" (Iqbal, 1983) y parte de los conceptos de transferencia de calor de "Fundamentals of Heat and Mass Transfer" (Incropera y De Witt, 1990). Para la elaboración de los proyectos finales se utilizaron varios libros, publicaciones y manuales de la Biblioteca Central de la UNRC y provistos por el GES.

### *De los beneficios para el grupo de investigación.*

Además de la búsqueda del cumplimiento de los objetivos planteados, se evidenciaron una serie de beneficios para el grupo de investigación, entre los cuales se encuentran: la posibilidad de incorporar alumnos a las actividades propias que lleva adelante el grupo, el dictado de temas en los cuales los docentes pueden aportar con mayor entusiasmo y conocimiento y la oportunidad enriquecerse con el intercambio ideas alrededor de lo que se enseña.

En lo que respecta al primer punto se hace notar que al tratarse de carreras no tan masivas, es normal que por una u otra razón los alumnos se acerquen a los grupos de investigación adonde trabajan las mismas personas que han tenido como docentes en las distintas asignaturas de las carreras, oportunidad ésta que es aprovechada por el equipo para tratar de captar adeptos a las energías renovables. La implementación de esta asignatura optativa incrementó notablemente la afluencia de alumnos en los lugares de trabajo de los integrantes del GES y por otro lado, a algunos alumnos que ya se encontraban trabajando en el grupo les fue de suma utilidad poder tomar los distintos temas solares básicos en la forma ordenada de un curso, para reforzar aquellos temas en los que se encuentran trabajando y ver otros nuevos. En casi todos los casos de ayudantes del GES sólo habían podido hasta ese momento profundizar en uno o dos temas específico sin poder tener una visión global de todo lo que comprende la Energía Solar.

Los docentes experimentaron por primera vez la satisfacción de enseñar los temas en que están más formados y sobre los que más pueden aportar desde su formación como investigadores. Aunque todos están afectados a otras asignaturas en el mismo cuatrimestre, se previó una adecuada división de los temas con lo cual se logró llevar adelante la tarea sin sobrecarga para ninguno de ellos. Además, el conocimiento de la temática y la disponibilidad inmediata del material necesario simplificó notablemente la preparación de la materia. El mismo hecho de preparación de la asignatura, coordinación de los temas, discusión de los problemas y temas de los proyectos, como así también el análisis de las metodologías de presentación y cuestiones a evaluar les brindó a los docentes un punto distinto de análisis sobre temas en los cuales han estado investigando desde hace bastante tiempo pero en los cuales nunca se habían situado como docentes. Más aún, todos ellos dominan más algunos temas que otros, con lo cual esta instancia integradora que les brindó la preparación de la asignatura, les permitió ahondar sobre unas cuestiones, reforzar algunas otras que tenían olvidadas por falta de uso y ver algunos temas nuevos.

*Sobre la implementación de una orientación en energías renovables.*

Como último punto de esta sección se considera conveniente una apreciación acerca de la posibilidad de creación de una orientación sobre Energías Renovables en el grado de algunas carreras de Ingeniería. Existen en el mundo algunos emprendimientos en tal sentido (Naumann y Aghdasi, 1995), con planteamientos de estructuración de una serie de asignaturas en los superiores de las carreras para el otorgamiento de un título que acredite tal situación. Dichas orientaciones responden a las necesidades propias de los lugares adonde se generan, que son países con serios problemas energéticos y/o de contaminación y polución ambiental considerable, y en donde además de la concientización de la comunidad existen en general programas gubernamentales que apoyan el desarrollo y crecimiento de las energías limpias (Gutermuth, 1999). En este contexto logran los egresados con estas especialidades una buena inserción laboral.

Este no es el caso de nuestro país, en el cual además se viven permanentes cambios en el mercado laboral. Entonces, aunque en la Facultad de Ingeniería de la UNRC se está trabajando sobre la implementación de orientaciones en las carreras, se consideró que aún no es conveniente la creación de una especialidad que restrinja las posibilidades laborales de los futuros egresados. En otras palabras, es todavía conveniente formar ingenieros generalistas, los cuales con una buena formación básica podrán luego especializarse sin problemas en el área de trabajo que le toque desempeñarse. Una o dos asignatura vinculadas a las energías renovables pueden sin embargo ser suficientes para otorgar a los futuros profesionales una motivación y perspectiva general del tema muy buena, además de la capacitación técnica propia del cursado de asignaturas con el enfoque de resolución de problemas ingenieriles.

## **CONTENIDO TEMÁTICO**

De acuerdo a los lineamientos generales ya explicados, se elaboraron una serie de contenidos temáticos básico y una serie de temas de aplicación tentativos, los cuales fueron comentados en la presentación de la asignatura que se realiza al inicio del cuatrimestre. Se listan a continuación los que definitivamente se dictaron. En los proyectos finales algunos alumnos adoptaron temas que no fueron formalmente tratados en clase por razones de tiempo pero ellos se interesaron por alguna razón en trabajarlos y lo hicieron a partir de los conocimientos básicos adquiridos, de la investigación personal de los temas y sus herramientas y mediante consultas a los docentes del equipo. Se listan a continuación los temas que se dieron en las clases de esta asignatura:

### **A) Parte Básica:**

#### ***CAPÍTULO 1: Geometría Solar y Radiación Solar***

El sol, la constante solar, radiación extraterrestre y su variación.

Hora solar, ecuación del tiempo.

Rayo solar sobre superficies horizontales e inclinadas, ángulos característicos.

Instrumentos de medición: Piranómetros y Pirheliómetros.

Atenuación atmosférica. Estimación de la radiación solar media.

Datos de radiación solar disponibles sobre la superficie terrestre.

Estimación de la radiación solar. Valores medios horarios, diarios y mensuales.

Componentes directa, difusa y reflejada. Modelos de radiación solar. Radiación solar sobre superficies inclinadas.

Utilizabilidad de la radiación solar.

#### ***CAPÍTULO 2: Transferencia de calor y comportamiento de los materiales***

La radiación térmica, el cuerpo negro, emisividad y absorbtividad.

Intensidad y Flujo. Intercambio radiativo entre superficies grises. Coeficientes de radiación.

Radiación nocturna. Temperatura de cielo.

Transmisión de calor por convección. Aplicaciones a casos típicos de ingeniería solar.

Comportamiento de materiales opacos ante la radiación Superficies selectivas.

Transmisión de radiación a través de materiales transparentes. Efectos angulares, espectrales y de superficie.

Radiación solar absorbida. Producto transmitancia-absortancia.

Radiación reflejada y difusa absorbida.

Radiación sobre superficies inclinadas.

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

Descripción del colector solar de placa plana.

Ecuaciones básicas de balance energético del colector solar de placa plana.

Coefficiente global de pérdidas de calor del colector.

Factores de eficiencia, de remoción de calor y de flujo del colector.  
Efectos de ensuciamiento y sombreado. Efectos de capacidad térmica del colector.  
Colectores de aire.  
Medición de las performances de los colectores. Tests de eficiencia. Modificador del ángulo de incidencia. Correcciones.  
Consideraciones prácticas.  
Nociones sobre colectores solares concentradores y otros tipos de colectores.

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

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

#### **B) Aplicaciones de la Energía Solar**

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

Características de las demandas de agua caliente.  
Distintos sistemas de calentamiento solar de agua.  
Operación de los sistemas de provisión de agua caliente.  
Dimensionamiento de los sistemas. Métodos detallados y simplificados.  
Predicción de la performance del sistema.  
Calentamiento solar de agua de piscinas.

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

Conceptos de calentamiento y enfriamiento pasivos. Criterios de confort.  
Ganancias directas e indirectas. Distribución del calor en los edificios.  
Coeficiente de pérdidas de los edificios. Inercia Térmica. Aislamiento.  
Paredes y techos colectores-almacenadores.  
Sistemas activos e híbridos.  
Refrigeración por radiación nocturna. Refrigeración evaporativa.

#### ***CAPÍTULO 7: Otras aplicaciones.***

Invernaderos.  
Secaderos de productos agrícolas y de madera.  
Destilación de agua.  
Sistemas solares térmicos de potencia.

#### ***CAPÍTULO 8: Sistemas Fotovoltaicos.***

Conversión directa mediante células solares.  
Comportamiento térmico de las células solares.  
Características de la carga. Almacenamiento y regulación.  
Electrificación rural. Comunicaciones.

Los requerimientos de asignaturas correlativas para inscribirse a cursar fueron tener aprobadas Termodinámica y Electrotecnia, las cuales fueron seleccionadas por ser comunes a todas las carreras. La aprobación de dichas asignaturas aseguró además que los alumnos tenían aprobadas las físicas y matemáticas necesarias para este curso.

A partir de estos contenidos se armó un cronograma tentativo para el cumplimiento en el cuatrimestre. El caso de Colector Plano se lo trató como un tema básico, ya que en él se integran varios de los conceptos dados precedentemente y la metodología de tratamiento de los balances energéticos sirve de base luego para otros tipos de aplicaciones solares en las que se utilizan metodologías análogas. La parte fotovoltaica, si bien incluida dentro de aplicaciones, recibió un tratamiento especial y con una carga horaria considerable, teniendo en cuenta que los fenómenos físicos son un tanto distintos a los planteados en la parte básica y que para los alumnos de orientación electricista resulta la parte más atractiva y de la que pueden sacar mayor provecho.

### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y EVALUACIÓN**

Las clases fueron teórico-prácticas, donde se desarrollaron los principios fundamentales y se resolvieron problemas de aplicación. Desde la primer clase se trabajó 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 fueron repasados conceptualmente y ampliados si era necesario a fin de lograr una optimización del tiempo de alumnos y docentes y lograr una conexión adecuada entre las asignaturas. Se evitaron los desarrollos tediosos, poniendo más énfasis en la parte conceptual.

Con el objeto de lograr el interés de los alumnos, se trabajó 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 profundizaron 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. Siempre que fue posible se mostraron elementos de trabajo en energía solar: elementos de medición (piranómetros, pireliómetro, termocuplas, etc.), sistemas de adquisición de datos, softwares de simulación, colectores, invernaderos y demás equipos e instalaciones sobre los que el GES está trabajando.

En la resolución de problemas se promovió la discusión de los mismos, desarrollando algunos de ellos en clase. Se ejemplificó la resolución de algunos problemas numéricos mediante la programación y uso de computadora, remarcando en todo momento acerca de la necesidad de este tipo de cálculos dada la variabilidad del recurso y los problemas vinculados a la inercia térmica de algunos componentes de los equipos.

De todos los temas desarrollados en clase se entregó material de estudio, que si bien demandó un esfuerzo adicional a los docentes (traducciones, resúmenes, compaginación, etc.), fue de suma utilidad para los alumnos en el seguimiento de las clases. Dicho material incluía todos los elementos de cálculo necesarios para la resolución de los problemas (ecuaciones, tablas, diagramas, etc.). La razón de esto es la escasez de recursos bibliográficos, gran parte del mismo en inglés y la presión de la falta de tiempo en un dictado cuatrimestral. A pesar de ello, en la parte de desarrollo de los trabajos finales se debió recurrir en todos los casos a la búsqueda de material adicional en otros libros, publicaciones y manuales.

En lo que respecta a evaluación, después del dictado de la parte básica del curso, se tomó una evaluación parcial teórico-práctica con el objeto de que se afirmen los conceptos y así avanzar con paso firme sobre las aplicaciones. Para la elaboración de los trabajos finales se proveyó a los grupos de una sucinta guía sobre los puntos relevantes que deberían incluirse en el informe final, el cual estaría básicamente dividido en una primer parte de descripción general del proyecto, con su fundamentación y memoria descriptiva, y una segunda parte de información técnica específica, con las hipótesis de cálculo, esquemas y planos, cuestiones tecnológicas, análisis económico, dificultades encontradas, conclusiones, bibliografía, etc.

## **RESULTADOS**

Se inscribieron 28 alumnos inicialmente: 12 de Ingeniería Electricista, 9 de Ingeniería Mecánica y 7 de Ingeniería Química. Algunos de ellos abandonaron al principio (es un período de acomodamiento típico de las asignaturas optativas) y llegaron a rendir el primer parcial unos 17 alumnos, que fueron luego los que en definitiva terminaron de cursar: 6 de Ingeniería Electricista, 8 de Ingeniería Mecánica y 3 de Ingeniería Química.

Tal lo supuesto, la buena formación en materias básicas permitió a los alumnos seguir sin tropiezos todo el curso, inclusive realizando proyectos finales que superaron las expectativas de los docentes, empleando en algunos los casos programas de computación no presentados en el curso y métodos numéricos. Se notó una cierta dificultad por parte de los alumnos de la carrera de Ingeniería Electricista en la parte de transferencia de calor, lo cual es lógico ya que si bien algo ven en algún curso básico, no están a la altura de los mecánicos y químicos que trabajan bastante con la parte térmica en sus respectivas carreras. Si bien esto había sido previsto comenzándose desde lo más elemental, no fue suficiente, por lo cual se piensa que en un próximo curso se deberían dar algunas clases adicionales para fortalecer dicha área en estos alumnos.

El parcial fue aprobado por un 80 % de los alumnos, dándosele a aquellos que reprobaron una instancia recuperatoria que fue finalmente aprobada por todos. El promedio general de dicha evaluación fue de 7.10 puntos. Los proyectos fueron de distintos niveles entre excelentes y buenos, los cuales fueron promediados con la nota del parcial para la asignación de la nota final de aprobación del curso. A título informativo se detallan los temas sobre los cuales versaron dichos proyectos: 2 sobre instalaciones fotovoltaicas, 1 sobre destilación solar, 2 sobre arquitectura solar y 1 sobre un sistema de calentamiento de agua con un sistema de termosifón.

## **CONCLUSIONES**

De esta primera experiencia se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- a) Se logró brindar a los alumnos cursantes una formación ingenieril básica en Energía Solar, dotándolos con capacidades como para enfrentar problemas concretos de la vida real sobre esta temática. Se les concientizó además de la necesidad de promoción del uso de las energías renovables, convirtiéndolos en agentes multiplicadores de alta calidad, habida cuenta de que a partir de su formación como ingenieros pueden fundamentar con conocimiento sobre el tema, más allá de los enfoques típicamente informativos y de novedad que rodean en general a la promoción de las energías renovables.
- b) Luego de este primer dictado se vislumbra la posibilidad de preparar algún otro tipo de asignaturas optativas vinculadas al área de las energías renovables en la UNRC, incluso interactuando con algunos otros grupos de investigación. Expandiendo dos de los temas presentados ya en esta asignatura se podría estar presentando como cursos independientes uno en arquitectura solar y otro en energía fotovoltaica. Con otros grupos se podrían estar trabajando sobre energía eólica y biogás.
- c) Los grupos de investigación se benefician con la circulación de alumnos trabajando sobre sus temas específicos y en sus lugares de trabajo; se incrementa la posibilidad de que algunos alumnos se interesen por las energías renovables y aporten positivamente con trabajo dentro del grupo.

- d) Habiendo un cuerpo docente numeroso que se puede estar dividiendo el trabajo y es factible implementar asignaturas optativas sin que signifique esto una sobrecarga excesiva para cada docente, teniendo en cuenta sobre todo que los temas que va a enseñar son para los que mejor está preparado. Esto es vital recalcarlo, ya que debido a las exigencias de los últimos años para los docentes universitarios, resulta muy difícil lograr que los docentes se comprometan con el dictado de materias extra que aparentemente no reportan ningún beneficio y demandan tiempo y esfuerzo.
- e) La realización de proyectos finales para la aprobación del curso es realmente muy importante, tanto para los alumnos como para el propio equipo docente. Para los alumnos, porque se enfrentan ante un problema concreto, teniendo que recurrir a una tarea de revisión bibliográfica y de cálculo, presentando luego un reporte escrito, de la misma forma en que les podría ocurrir en un futuro desempeño profesional. Para los docentes porque ante cada proyecto particular aparecen nuevas ideas, nuevos enfoques y nuevos aprendizajes y, además, les sirve para realimentarse acerca de la asimilación que han tenido los alumnos de los temas dados y pueden calificar el esfuerzo que ponen en la realización del proyecto, todo esto puesto de manifiesto sobre todo por el nivel de las consultas que realizan los alumnos durante la ejecución del proyecto y luego por la presentación final del mismo.
- f) Las currículas en las carreras de Ingeniería están tendiendo todas a poseer algún grado de flexibilidad en los últimos años, y habiendo varios grupos de investigación en Universidades del país en una situación similar a la que se da en la UNRC, surge como muy ventajosa la posibilidad de realizar emprendimientos similares al aquí explicado. Tal lo expresado anteriormente, resulta muy difícil que se incorpore en carácter obligatorio una especialidad en energías renovables o al menos una asignatura en un plan de estudios, razón por la cual se deben aprovechar las posibilidades de oferta de optativas para la inclusión de asignaturas de esta área de estudio.

## REFERENCIAS

- Barral, J. R., Amieva, R. L. y Carrasco, G. (1999). Promoción de las energías renovables trabajando con docentes del nivel medio. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 3 N° 2.
- Broman, L. (1995) The Promotion of Solar Energy Education. *Proceedings of the ISES 1995 Solar World Congress*, Harare, Zimbabwe.
- Duffie, J. A. y Beckman, W. A. (1991) *Solar Engineering of Thermal Processes*, Second Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (1993), Resolución del Consejo Directivo N° 038/93, Curso de Posgrado "Introducción a la Energía Solar", Profesor responsable: Lic. Amílcar Fasulo.
- Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (1993), Resolución del Consejo Directivo N° 069/98, Curso de Posgrado "Simulación en Ingeniería Solar", Profesor responsable: Ing. Jorge Barral.
- Grimmes, A. A. (1999). Solar Energy Education for Future Decision Makers. Teaching "Renewables" in School and University, En *Book of Abstracts ISES 1999 Solar World Congress*, pp. 108. Jerusalén, Israel.
- Gutermuth, P. G. (1999). Regulatory and Institutional Measures by the State to Enhance the Deployment of Renewable Energies – The German Experience, *Proceedings of the ISES 1995 Solar World Congress*, pp., Jerusalén, Israel.
- Incropera, F. P. y DeWitt, D.P (1990) *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Third Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Iqbal, M. (1983) *An Introduction to Solar Radiation*, Academic Press, New York.
- Kandpal, T.C. y Garg, H. P. (1998). Energy Education, *Abstracts of The 7<sup>th</sup> International Energy Conference ENERGEX'98*, pp. 192-193. Manama, Bahrain.
- Naumann, E. y Aghdasi, F. (1995). Renewable Energy as a Programme of Tertiary Education and Research, *Proceedings of the ISES 1995 Solar World Congress*, Harare, Zimbabwe.
- UNRC (1997) Resolución del Consejo Superior de la Universidad Nacional de Río Cuarto N° , Aprobación de la Carrera de Postítulo en Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas Físico Químicas y Naturales.

**ABSTRACT** The Solar Energy Group of the School of Engineering at National University of Río Cuarto offered a course about Solar Energy for undergraduates of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Chemical Engineering. The objective of the course was to prepare the students to clearly understand the Solar Energy fundamentals and their applications, to promote the benefits of the renewable energies, and to apply professionally the skills learned in the course in problems of the real world. The teaching methodology was based on theoretical and practical classes, dividing the contents in basic and applied parts. The course was finished by the presentation of final projects. The results were promising, concluding that this course is convenient not only for the students but also for teachers. It is advisable that other research groups of different institutions in similar conditions try to perform courses like this one, to improve the deployment of the renewables.

**Keywords:** optional course, solar energy, engineering, undergraduate.