



Detectores y medidas de radiación en el laboratorio docente de energías renovables

V. Tricio†^a y L. Rodríguez^b

a) Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Burgos, España;
vtricio@ubu.es

b) Departamento de Física, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos, España;
lrcano@ubu.es

†autor para la correspondencia

Recibido el 1/06/2007. Aprobado en versión final el 15/06/2007.

Sumario. Los actuales estudios universitarios incorporan en el primer ciclo asignaturas optativas que incluyen prácticas de laboratorio. Para estas asignaturas, diferentes a una Física General, se pueden hacer los laboratorios de manera alternativa a la tradicional. Éste es el caso de la asignatura optativa *Energías Renovables*, dentro de los currícula docentes de Ingeniería y de Ciencias, para la que hemos diseñado varias experiencias. Destacamos una nueva experiencia, “*Detectores de radiación y medidas*”, para realizar tanto en el laboratorio como en el aula. En dicha experiencia, los alumnos utilizan algunos instrumentos de uso común en las medidas de radiación solar, conocen unidades y magnitudes de uso habitual en óptica y aprenden a manejar datos diarios de radiación solar global de una estación meteorológica para que los analicen e interpreten.

Abstract. The high education studies incorporate at the moment in the first cycle optative subjects that include laboratory practices. For these subjects, different from General Physics, the laboratories can be done of alternative way to the traditional one. In curricula educational of Engineering and Sciences, Renewable Energies is an optative subject, reason why we have designed and prepared the experience, “Radiation indicators and measures”, that can be made so much in the laboratory as in the classroom. In this experience, the students use some instruments of use common in the measures of solar radiation, they know units and magnitudes habitual use in optics and learn to handle daily data of global solar radiation of a weather station so that they analyze them and they interpret.

Palabras clave. Laboratorio docente 01.30L, Experimentos y aparatos 01.50.Pa, Unidades 06.20fa

1 Introducción

Hasta hace pocos años, el Laboratorio de Física en los estudios de primer ciclo universitario incluía experimentos preparados, que fundamentalmente estaban destinados a comprobar los casos sencillos de comportamiento de las leyes físicas que se enseñaban en las áreas temáticas de mecánica, termodinámica, óptica y electromagnetismo, se concebía por tanto las prácticas de laboratorio de Física como tradicionalmente es una asignatura de Física General. Sin embargo las asignaturas de Física que se ofertan en los planes de estudio actuales disponen de una mayor flexibilidad, sobre todo cuando se trata de

asignaturas optativas para las titulaciones. En algunas titulaciones de los planes de estudio vigentes actualmente el Laboratorio de Física en los estudios de primer ciclo universitario forma parte de asignaturas optativas, distintas a una asignatura troncal de Física y también distintas a las asignaturas de Física de los planes de estudio anteriores al año 2000.

Eso permite diseñar los laboratorios de manera alternativa o complementaria a la tradicional; éste es el caso del Laboratorio de la asignatura Energías Renovables, que el Departamento de Física viene impartiendo en diversas titulaciones de Ingeniería y de Ciencias de la Universidad de Burgos.

La asignatura *Energías Renovables* está actualmente incorporada como optativa a los currícula docentes del primer ciclo de las titulaciones de Ingeniería Técnica de Obras Públicas (Construcciones Civiles, Transportes y Servicios Urbanos), Ingeniería Técnica Industrial (Electrónica Industrial, Mecánica), Ingeniería en Organización Industrial y en una Licenciatura (Licenciado en Química). Y son numerosos los alumnos que un año tras otro la eligen.

Para dicha asignatura habíamos preparado hace siete años (año 2000) un programa docente “como aparece en la ref.[1]” destinado inicialmente a la formación de ingenieros y arquitectos en el campo de las energías renovables, que se ha ido desarrollando en estos últimos años e incorporando contenidos específicos de interés para cada una de las titulaciones, citadas en el párrafo anterior, a las que va dirigida la asignatura. Para el cumplimiento de los créditos prácticos también se habían concebido^{1,2} una serie de experiencias de laboratorio que, en la medida de lo posible, cubrían los aspectos más notables de aquellas energías renovables susceptibles de ser tratadas en un laboratorio de física.

2 El laboratorio docente de energías renovables

De entre las experiencias de laboratorio que se propusieron destinadas inicialmente a la formación de ingenieros y arquitectos¹; la Tabla I muestra el título genérico que las identificaba.

Tabla I Selección de prácticas docentes, año 2000
<p>*Prácticas Programadas</p> <ul style="list-style-type: none"> *Preparación de superficies para absorción solar *Análisis de un colector plano *Propiedades ópticas de superficies selectivas *Características de un aerogenerador *Estudio de un sistema pasivo *Características de un generador fotovoltaico *Diseño de un concentrador solar *Motor térmico con energía solar
<i>Año 2000</i>

En los años posteriores al 2000 el Laboratorio docente de Energías Renovables (LER) ha ampliado los espacios destinados a los alumnos y también su oferta de prácticas de laboratorio. En Fig. 1 se muestra una vista parcial del Laboratorio que el Departamento de Física tiene en uno de los edificios de la Escuela Politécnica Superior (EPS). Cerca de veinte montajes experimentales se tienen hoy preparados; con ellos los estudiantes que eligen la asignatura optativa de *Energías Renovables* pueden realizar varias experiencias seleccionadas por el profesor para completar los créditos prácticos de la asignatura.

Las prácticas de laboratorio pretenden cubrir los aspectos (<http://www2.ubu.es/fisica/docencia.shtml>) más relevantes de la asignatura, es decir los contenidos de los bloques principales de la propuesta docente prevista.

Fomentan la destreza del alumno en el manejo de instrumentación científico – técnica, la comprensión de los fenómenos involucrados, la interpretación de resultados; así como el trabajo en grupos reducidos. La realización de las prácticas es una actividad obligatoria. Con ellas se pretende que el alumno pueda realizar medidas experimentales en el laboratorio y que tenga conocimiento de la instrumentación básica necesaria para la comprensión de la asignatura. Cada alumno experimenta con diversos sistemas de energía renovables (eólica, fotovoltaica, fototérmica...).



Figura 1. Vista parcial laboratorio docente de ER.

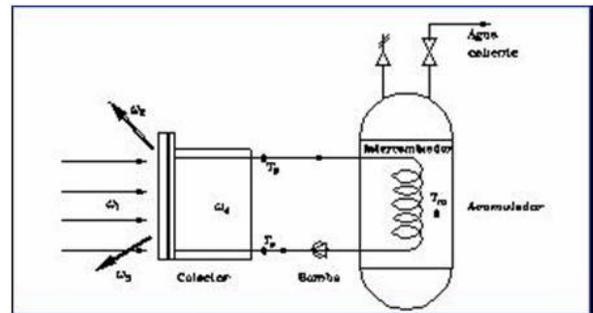


Figura 2. Esquema de un montaje para estudios de colectores planos.

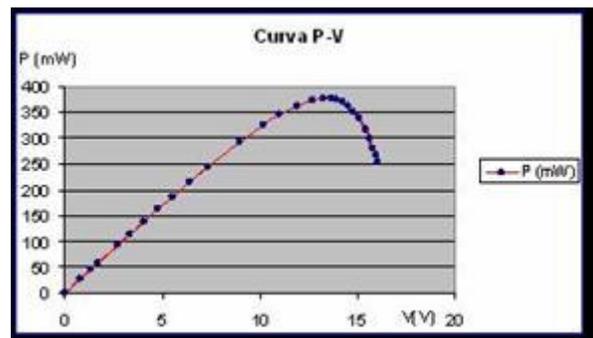


Figura 3. Curva característica del panel fotovoltaico de estudio.

Medidas de radiación en las prácticas preparadas. Una gran mayoría de las experiencias precisa del uso de fuentes de iluminación sustitutivas de la fuente solar y que se comportan, para las necesidades de las experiencias realizadas, adecuadamente bien como simulador solar. En Tabla II muestra los títulos de una selección de las experiencias que necesitan el uso de fuentes de simulación solar y medidas de radiación, al menos en alguna de las fases del desarrollo de la experiencia. En el curso académico 2005-2006 las pudieron realizar los alumnos matriculados en el primer ciclo de las Titulaciones de Obras Públicas y de Licenciado en Química.

En varias de las experiencias de la Tabla II la medida de la radiación es imprescindible para obtener alguno de los resultados analíticos parciales o finales del experimento. Este es el caso de las siguientes, en las que, esquemáticamente, se han incluido cuatro apartados que tienen relación con ello.

Casita con muro Trombe

Resumen: Una maqueta de una vivienda unifamiliar construida a escala, que incorpora un muro Trombe en su pared sur, sirve para analizar los sistemas pasivos de calentamiento y refrigeración solar.

Objetivo: la medida de la radiación sí es objetivo específico

Manipulación: Como simulador se emplea una lámpara halógena y se determina la irradiancia sobre la vivienda mediante un piranómetro. Se determinan las curvas de calentamiento y enfriamiento del interior del habitáculo, a distintos valores de los parámetros influyentes de radiación incidente sobre la cara sur.

Material: Lámparas halógenas (500W y 1.000W). Piranómetro portátil de lectura digital.

Estudio de módulos fotovoltaicos I

Resumen: Un panel fotovoltaico constituido por dos pequeños módulos de 18V cada uno, es el elemento básico para estudios de conversión directa de energía solar en eléctrica.

Objetivo: la medida de la radiación incidente sí es objetivo específico.

Manipulación: Se trata de iluminar la superficie con radiación adecuada, por ejemplo una lámpara halógena y determinar la irradiancia mediante un piranómetro que incide sobre el panel fotovoltaico. Se determinan las propiedades características del panel, y se analizan los resultados para distintos valores de los parámetros influyentes de radiación incidente sobre la cara sur y cuando sus módulos están conectados en serie, en paralelo, o en serie-paralelo.

Materiales: Lámpara halógena (500W). Piranómetro portátil de lectura digital.

Colector plano

Resumen: El colector plano es el dispositivo básico en la calefacción de edificios y en la producción de agua caliente sanitaria y para el desarrollo de esta práctica se construyó un colector solar plano a escala reducida en el que la superficie captadora es intercambiable. La Fig. 2 muestra un esquema del montaje preparado para estudiar

un sistema solar plano y analizar el comportamiento del colector y del sistema conjunto en varias experiencias.

Objetivo: la medida de la radiación incidente sí es objetivo específico. Medir la energía reflejada por la superficie puede ser objetivo.

Manipulación: Como simulador se emplea una lámpara halógena y se determina la irradiancia I_m sobre el colector mediante un piranómetro. Se obtendrán el rendimiento instantáneo η y la recta característica utilizando el valor de esa medida, de acuerdo a la ecuación (1). El sistema de almacenamiento de agua con intercambiador de calor permite determinar la eficiencia del intercambiador y del sistema conjunto.

$$\eta = \frac{G_C C_P (T_s - T_e)}{I_m} = F_R \alpha \tau - \frac{F_R U_C (T_e - T_a)}{I_m} \quad (1)$$

Material: superficies captadoras (negra y selectiva). Lámpara halógena (500W). Piranómetro.



Figura 4. Experiencia con célula electrolítica solar.



Figura 5. Una diapositiva del Pre-Lab.

Estudio de un generador solar fotovoltaico

Resumen: Un panel fotovoltaico se utiliza como generador solar; se analiza su comportamiento y se compara con respecto a las indicaciones dadas por el fabricante.

Objetivo: la medida de la radiación incidente sí es objetivo específico.

Manipulación: Se determinan las curvas características de un panel fotovoltaico para distintas condiciones de irradiancia, para lo que se precisa realizar la medición de la radiación que incide sobre el panel fotovoltaico. En la Fig. 3 se muestra una de estas curvas. En la determinación de la eficiencia de conversión energética es preciso conocer el valor de la potencia de radiación incidente.

Material: Lámpara halógena (1000W). Piranómetro portátil de lectura digital.

Estudio de una celda electrolítica solar

Resumen: La utilización de una celda solar como fuente de energía productora de electricidad, es de utilidad inmediata, por ejemplo, en un proceso electrolítico para producción de hidrógeno con aplicaciones docentes.

Objetivo: la medida de la radiación incidente sí es objetivo específico.

Manipulación: La Fig. 4 muestra una fotografía del montaje experimental en el que el hidrógeno producido actúa como vector energético. Se determina la intensidad de corriente eléctrica para diferentes condiciones de iluminación del panel, a partir de la que se producirán diferentes volúmenes de hidrógeno.

Material: Lámpara halógena (500W). Luxómetro

3 Experiencia práctica. Detectores de radiación y medidas

La relación de experiencias en el apartado anterior tiene en común que se necesita calcular la radiación. En el contacto con los estudiantes durante la realización de las prácticas, hemos detectado que para ellos, tanto la fuente, y la medición, como el aparato de medida los emplean sólo como meros vehículos para cumplir con los objetivos señalados, los usan sin más, es decir, de manera rutinaria e irreflexiva. Así que nos propusimos la tarea de diseñar y preparar una nueva experiencia para realizar tanto en el laboratorio como en el aula con el propósito inicial de que los alumnos “interiorizaran” la importancia de estos elementos y de las mediciones realizadas en el Laboratorio de Energías Renovables.

Descripción de la experiencia

Motivación: Sin embargo, las medidas de radiación, en sí mismas, son muy importantes no sólo para los alumnos de la licenciatura en Química sino también para los de Ingeniería. Efectivamente en los objetivos marcados para la asignatura está indicado (ver <http://www2.ubu.es/fisica/docencia.shtml>) que el alumno de la asignatura *Energías Renovables* conozca y aplique los “métodos de medida”. Por lo tanto está justificado que la experiencia se oriente a la formación de todos los estudiantes.

Resumen: Se utilizan distintas fuentes luminosas y se emplean distintos instrumentos de medida, para describir sus características y fundamentos físicos y poder compararlas. Para cada pareja fuente-detector se realizan mediciones de la radiación en distintas condiciones experimentales. Los resultados obtenidos para las distintas medidas se analizan con respecto a los parámetros influyen-

tes, tanto geométricos como físicos.

Tabla II				
Selección de prácticas docentes, año 2006				
<i>Prácticas Preparadas</i>				
Título genérico	Experiencias prácticas	Fuente de iluminación		Medidas radiación
	método		Tipo lámpara	
Conversión fototérmica. Colectores planos	Recta característica. Calentamiento de un líquido. Análisis del colector. Rendimiento.	si	halógena	si
Conversión fototérmica. sistemas pasivos	Casa con muro Trombe. Calentamiento y refrigeración solar.	si	halógena	si
Conversión directa energía solar en eléctrica	Estudio de una celda solar. Estudio de una celda electrolítica solar. Producción de hidrógeno	si		si
Diseños de sistemas	Análisis y diseño de sistemas fotovoltaicos			históricos
Sistemas de concentración solar	Concentrador parabólico	si		opcional
Motor térmico con ES	Motor Stirling	si	halógena	opcional

Objetivo: la medida de la radiación incidente sí es objetivo específico.

Fases: Pre-lab previo. Una explicación introductoria sobre la radiación y espectro electromagnético y algunas fuentes de radiación, centrada es los conceptos, magnitudes y unidades utilizadas en ER se les ofrece a los estudiantes (puede ser en el aula o en el laboratorio antes de iniciar la experiencia. La Fig. 5 muestra una de las diapositivas del Pre-lab elaborado. Posteriormente se hacen las mediciones en el laboratorio.

Manipulación en el laboratorio: Se determinan las magnitudes y unidades más destacadas de las fuentes y los detectores. Se hacen las mediciones de la experiencia (Fig. 6) con distintas fuentes y detectores y en distintas

condiciones geométricas. Se determinan y comparan las medidas obtenidas.

Método: La realización de la práctica se separa en varias partes:

1. Reconocimiento de los detectores y de las magnitudes características leídas
2. Determinación de la radiación
3. Determinación de las relaciones entre las magnitudes y unidades
4. Comprobación de la ley fotométrica de la distancia
5. Comparación con valores obtenidos a partir de otras fuentes (solar, iluminarias...)

Material: Diversas fuentes de radiación luminosa (Lámpara halógena 500W, lámparas incandescentes de 25, 40 y 100W, 1 lámpara fluorescente, fuente solar). Diversos aparatos de medida (fluxómetro, piranómetro, termopila de Moll, luxómetro).

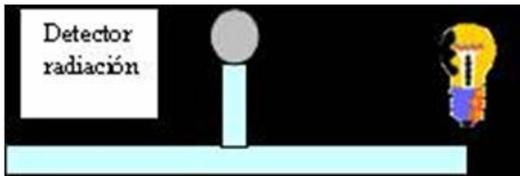


Figura 6. Esquema del montaje experimental.

4 Conclusiones

Una experiencia en la que los detectores de radiación sean los elementos principales, puede cubrir la doble función de ampliar la oferta de formación experimental y atender al interés general de la formación de los alumnos

de la asignatura *Energías Renovables*. Es decir, se trata de ayudar y orientar a los alumnos en un aprendizaje para resolver tareas relacionadas con sus competencias específicas.

En esta práctica, con el título “*Detectores de radiación y medidas*”, los alumnos utilizan algunos instrumentos de uso común en las mediciones y aplicaciones de la radiación solar y conocen unidades y magnitudes de uso habitual en óptica; que cada vez más los van a necesitar en su vida profesional.

Otras posibilidades añadidas son que también aprenden a manejar datos que se les proporcionan -no medidos por ellos- con el objetivo de que los analicen e interpreten, como sucede con los datos diarios de radiación solar global y velocidad de viento de una estación meteorológica o con los datos de “clima” que se seleccionan en una práctica de simulación por ordenador de las incluidas en la Tabla II.

Referencias

1. Luis R. Rodríguez Cano y Verónica Tricio Gómez. *Las energías renovables en la Ingeniería*. Actas II Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria. Volumen II. Coordinadores: O. Calzadilla, C. Carreras, J. P. Sánchez, V. Tricio, M. Yuste. ISBN 84-362-4805-8, (UNED, 2002), pp. 703-709
2. L. Rodríguez Cano, V. Tricio Gómez. *Recursos Energéticos y Energías Renovables en estudios de ingeniería*. Energías renovables y desarrollo sostenible. Editores: A.López, E. López, F. Casares, R. López. ISBN 84-7801-636-8, (Universidad de Córdoba, 2002), pp. 1288-1294.