



## La Energía Solar: medida y posibilidades

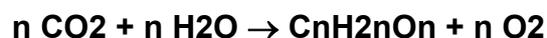
### Experiencia didáctica para Bachillerato y Ciclos afines

Autor: Pedro Domínguez Gento  
Edición y adecuación: Uruguay Educa

#### 1. INTRODUCCIÓN

En el interior del Sol, a millones de grados de temperatura, los núcleos de hidrógeno se fusionan y producen núcleos de helio, liberando una enorme cantidad de energía que se irradia al espacio exterior y alcanza los planetas del Sistema Solar. La Tierra recibe una pequeña fracción de esa ES (energía solar) en forma de luz y calor, con una intensidad que depende principalmente de la latitud, la estación y el clima particular de cada zona.

El calor mantiene una temperatura adecuada para la vida y la luz permite que las plantas realicen la fotosíntesis, una reacción química fundamental a partir de la cual producen los alimentos y el oxígeno que necesitan ellas y los demás seres vivos para existir:



Por otra parte la absorción de ES en la atmósfera y la hidrósfera del planeta origina el viento y el ciclo del agua, fuentes respectivas de las energías eólica e hidráulica. Finalmente una parte de la materia orgánica fabricada mediante la fotosíntesis queda enterrada y fermenta en ausencia de aire, transformándose al cabo de siglos en carbón, petróleo y gas natural, los combustibles fósiles.

Por lo tanto nosotros existimos gracias a la ES, nos alimentamos y respiramos gracias a la ES, y disfrutamos de un elevado nivel de vida gracias a los combustibles fósiles, la energía hidráulica, la eólica y la biomasa, que nos aportan más del 90% de la energía que consumimos. Hoy además, con las modernas tecnologías, podemos aprovechar directamente la ES para producir calor y electricidad sin contaminar el medio ambiente ni agotar los recursos naturales.

Resulta pues necesario estudiar la ES y sus aplicaciones en los niveles educativos de Secundaria, Bachillerato y Ciclos Formativos afines, y eso es lo que hemos hecho en el IES Luis Súnier de Alzira durante el tercer trimestre del curso anterior. Comenzamos discutiendo en clase la importancia de la ES recordando lo que se había estudiado en cursos anteriores, después los alumnos buscaron información en la biblioteca y a través de internet sobre las aplicaciones prácticas de la ES, con la información recopilada discutimos cómo se puede medir la ES de forma aproximada y diseñamos un calorímetro solar sencillo, a continuación lo construimos con materiales usados, en una zona soleada del patio del Instituto medimos la ES que recibimos en nuestra localidad, luego comparamos el valor obtenido con el estándar y valoramos la precisión de la medida.

Posteriormente, para complementar el trabajo, analizamos el recibo eléctrico, deducimos el consumo medio de electricidad por persona y día, y evaluamos las posibilidades de ahorro eléctrico en los hogares. Después calculamos la superficie de placas fotovoltaicas que se necesitan para producir la electricidad que consume una persona media y sacamos conclusiones al respecto.

## 2. OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA

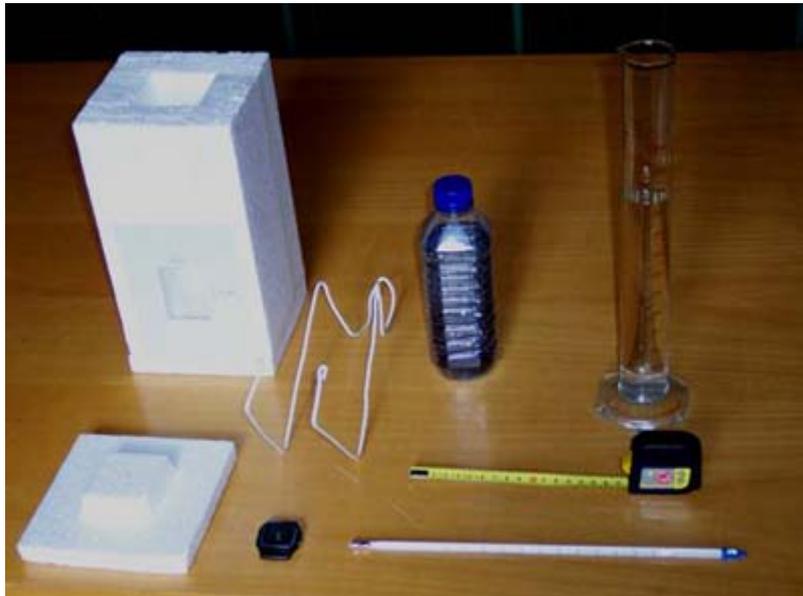
Los objetivos, en resumen, fueron los siguientes:

- ampliar los conocimientos sobre el tema
- aplicar lo estudiado en Física (energía y calorimetría)
- comprobar la utilidad de los materiales de deshecho
- medir la intensidad de la ES que recibimos

- valorar el margen de error cometido
- analizar el consumo energético
- reflexionar sobre la conveniencia de ahorrar energía
- discutir las posibilidades que tiene la ES en nuestra zona.

### 3. MATERIALES NECESARIOS

- Plancha de poliestireno de 2 cm de espesor.
- Alambre.
- Botella pequeña de plástico transparente.
- Probeta graduada..
- Termómetro de laboratorio.
- Cronómetro o reloj digital.
- Regla graduada o cinta métrica.



### 4. PROCEDIMIENTO

Se consigue una botella de plástico fino, (por ejemplo de las que contienen agua mineral) de 250 ó 500 mL de capacidad y se pinta de negro

mate, dejando perfectamente limpia y transparente una ventana por la que ha de entrar la luz.

Se construye una caja aislante de dimensiones adecuadas para que la botella quepa justa en su interior. Se puede hacer del poliestireno obtenido de trozos de embalaje usado, recortándola con un simple cuchillo (con precaución para evitar accidentes), luego se pega con cola de carpintero. Como alternativa pueden utilizarse los recipientes térmicos utilizados para el traslado de postres helados. Una de las caras de la caja debe tener una ventana rectangular de dimensiones ligeramente inferiores a las de la botella para que entre la luz solar. Como es difícil cortar el poliestireno con precisión, conviene hacer la ventana un poco más grande y pegar sobre esa cara un trozo de cartulina con una abertura rectangular bien definida.



El soporte se hace con un alambre fuerte, doblándolo con los alicates hasta conseguir un trípode capaz de sostener inclinada la caja, de tal forma que la cara con la ventanilla quede enfocada perpendicularmente al Sol.

Una vez listos sus componentes se busca un lugar abierto y soleado y se arma el dispositivo experimental sobre una mesa.

Con la probeta graduada se mide un volumen suficiente de agua y se echa en la botella.

Con el termómetro se mide la temperatura inicial del agua<sup>1</sup>.

Se introduce la botella, ajustada, en la caja, con la cara transparente hacia la ventanilla.

Con la ayuda del soporte de alambre, se enfoca el calorímetro al Sol de manera que la luz entre perpendicularmente en la botella y sea absorbida por el agua (cuyo nivel debe quedar por encima de la ventanilla).

En el instante que la caja se enfoca al Sol, se pone en marcha el cronómetro.



Para compensar el efecto de la rotación terrestre, se ha de reenfocar el calorímetro cada 5 o 10 minutos, la sombra de la caja puede servir de guía.

---

<sup>1</sup> Como alternativa tendiente a reducir el error experimental puede fijarse el termómetro al calorímetro realizando dos pequeños orificios, uno en la caja aislante y otro en la tapa de la botella.

Al concluir el tiempo de exposición, se tapa la ventana, se mide y se anota el valor de la temperatura final del agua.

## 5. CÁLCULO DE LA ENERGÍA SOLAR

Las medidas que tomamos en el patio del Instituto, el 12 de abril, fueron las siguientes:

Volumen de agua: 150 mL.

Temperatura inicial del agua: 18,5 °C.

Tiempo de exposición: 26 minutos.

Temperatura final: 23,0 °C.

Dimensiones de la ventanilla rectangular: (3,0 x 5,1) cm<sup>2</sup>

Sabiendo que la densidad del agua es de 1,00 g/mL, calculamos la masa:

$$d = m / V \rightarrow m = d \cdot V = 1 \text{ g/mL} \cdot 150 \text{ mL} = 150 \text{ g}$$

Y como su calor específico es  $c_e = 1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ , el calor total absorbido fue:

$$Q = c_e \cdot m \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})$$
$$Q = 1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C} \cdot 150 \text{ g} \cdot (23,0 - 18,5) \text{ }^\circ\text{C} = 675 \text{ cal}$$

Cada caloría equivale a 4,18 joules, así que tenemos:

$$Q = 675 \text{ cal} \cdot 4,18 \text{ J/cal} = 2821 \text{ J}$$

Dicho calor fue absorbido durante los 26 minutos que el calorímetro estuvo abierto al Sol, que en unidades internacionales son

$$t = 26 \text{ min} \cdot 60 \text{ s/min} = 1560 \text{ s}$$

De manera que la potencia solar absorbida fue:

$$P = Q / t = 2821 \text{ J} / 1560 \text{ s} = 1,81 \text{ w}$$

Calculamos la superficie captadora (la de la ventanilla rectangular):

$$S = 3,0 \text{ cm} \cdot 5,1 \text{ cm} = 15,3 \text{ cm}^2$$
$$15,3 \text{ cm}^2 / 10000 \text{ cm}^2/\text{m}^2 = 0,00153 \text{ m}^2$$

Entonces, la energía solar captada por unidad de tiempo y de superficie (la intensidad) resulta:

$$I = P / S$$

$$I = 1,81 \text{ w} / 0,00153 \text{ m}^2 \Rightarrow I = 1180 \text{ w}/\text{m}^2 = 1,18 \text{ Kw}/\text{m}^2$$

Un resultado bastante aceptable si consideramos que ese día el cielo estaba ligeramente nublado y que la intensidad solar en el exterior de la atmósfera es de unos  $1,37 \text{ Kw}/\text{m}^2$ .

## 6. FUENTES DE ERROR[1]

El experimento tiene múltiples fuentes de error, al menos uno por cada medida concreta: volumen de agua, temperaturas, tiempo, dimensiones de la abertura, etc.

El mayor de todos probablemente será el de la temperatura ya que el termómetro sólo permite estimar  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  y el aumento de temperatura fue sólo de  $4,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , de manera que el error relativo será:

$$ER = EA_{\Delta T} / \Delta T \Rightarrow ER = 0'5 \text{ }^\circ\text{C} / 4'5 \text{ }^\circ\text{C} = 0'11 \Rightarrow ER = 11\%$$

Demasiado elevado para un buen experimento, aunque como aproximación al valor real el resultado es aceptable.

Dicho error podría minimizarse usando un termómetro más preciso que aprecie hasta 0,1 °C, o aumentando el tiempo de exposición hasta 40 o 45 minutos. Además habría que hacer varias medidas más, con otros calorímetros similares, y obtener la media aritmética de los diferentes resultados.

Finalmente si el error relativo total fuera del 11%, el absoluto sería:

$$\begin{aligned}ER &= EA / I \Rightarrow EA = I \cdot ER \\EA &= 1,18 \text{ Kw/m}^2 \cdot 11/100 \Rightarrow EA = 0,1298 \text{ Kw/m}^2 \approx 0,1 \text{ Kw/m}^2\end{aligned}$$

Y el resultado obtenido se escribiría así:

$$I = (1,2 \pm 0,1) \text{ Kw/m}^2$$

## 7. EL CONSUMO MEDIO DE ELECTRICIDAD DOMÉSTICA

Con los datos obtenidos resultará interesante analizar la factura de consumo doméstico de electricidad y reflexionar sobre la importancia del ahorro energético y las posibilidades que al respecto nos brinda la energía solar.

## 8. POSIBILIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR

Para transformar directamente la ES en electricidad disponemos de placas fotovoltaicas comerciales. Actualmente tienen un rendimiento del 12%, lo cual implica que si recibimos 1,2 Kw/m<sup>2</sup>, tales placas convierten en electricidad útil:

$$I_{\text{útil}} = 1,2 \cdot 12 / 100 \Rightarrow I_{\text{útil}} = 0,14 \text{ Kw/m}^2$$

Si por ejemplo recibiéramos una media de 5 h diarias de luz solar a plena potencia, con 1 m<sup>2</sup> podemos producir:

$$E = I_{\text{útil}} \cdot t \Rightarrow E = 0,14 \text{ Kw} \cdot 5 \text{ h/día} \approx 0,70 \text{ Kwh/día}$$

Por lo tanto la superficie de placas necesarias para producir los 4,6 Kwh/día que consume una persona media será:

**1 m<sup>2</sup> de placas fotovoltaicas — 0,70 Kwh/día**

**S m<sup>2</sup> de placas fotovoltaicas — 4,6 Kwh/día**

$$S = 4,6 \cdot 1 / 0,70 = 6,6 \approx 7 \text{ m}^2 / \text{persona}$$

Lógicamente en invierno faltaría algo de energía y en verano sobraría, para equilibrar el balance caben dos soluciones: sobredimensionar la instalación para hacerla totalmente autosuficiente, lo cual la encarece, o conectarla a la red convencional para compensar las variaciones, lo más sencillo y económico a la fecha.

Por otra parte para el agua caliente doméstica se dispone de los paneles termosolares o fototérmicos que tienen un rendimiento del 70%, de forma que, con la luz solar tomada como referencia, bastaría un panel de 2 m<sup>2</sup> para calentar el agua que necesita una familia. Durante el invierno el módulo precisaría un aporte extra de energía, que se puede obtener de la red eléctrica[3] o de un calentador de gas conectado en serie.

Una familia, de 3 miembros, necesitaría unos 23 m<sup>2</sup> de superficie soleada para generarse su propia electricidad y agua caliente. Si optimizara su consumo energético (aprovechando todas las posibilidades de ahorro y eficiencia) podría autoabastecerse con bastante menos: unos 11 m<sup>2</sup>.

## **9. CONCLUSIONES**

En las terrazas de las casas hay superficie captadora de sobra y en los pisos de hasta cinco plantas también, de modo que es técnicamente posible abastecer de electricidad y agua caliente la mayoría de nuestras viviendas con ES, si no al 100% (por los días nublados e invierno) sí en un porcentaje

elevado. La energía que falta puede obtenerse mediante otras fuentes complementarias como la hidráulica, la eólica, la biomasa, etc

Las ventajas ecológicas serían inmensas porque las placas solares no contaminan, apenas necesitan mantenimiento y duran 25 años o más. Si se implantara esta fuente de energía, podríamos prescindir de muchas de las contaminantes, y costosas centrales convencionales.

Respecto al tema económico, mediante la implementación de subvenciones, créditos y otros estímulos podría lograrse que estos dispositivos se estandarizaran y produjeran en serie para resultar económicamente viables

## 10. BIBLIOGRAFÍA

El Sol para todos. Integral, 1978.

Guía práctica de la Energía, IDAE, 2007 puede solicitarse o bajarse gratis:

<http://www.idae.es/doc/catalogo/Guía%20Práctica%20Energía.pdf>

Ingenios solares. J. M. Jiménez. Pamiela, 1997.

Instalaciones fotovoltaicas. E. Alcor. Progensa, 1995.

La energía que la Tierra necesita. Investigación y Ciencia, noviembre, 1990.

---

[1] Cualquier experimento científico tiene siempre un margen de error y éste concretamente más porque se ha hecho con fines didácticos. Reparar en ello viene bien para recordar el apartado de errores que suele verse a principio de curso y para valorar adecuadamente la ciencia, que muchas veces se toma como si fuera la verdad absoluta, algo alejado de la realidad y del espíritu científico. En este trabajo no entramos en cálculos detallados, desde los errores relativos parciales hasta el error absoluto final, porque el nivel del grupo no era adecuado.