

Práctica: rendimiento de un hervidor eléctrico

Práctica de laboratorio: medir la energía eléctrica que consume un hervidor con un medidor de consumo y un cronómetro, calcular con $Q = m c \Delta T$ la energía que recibe el agua y obtener el rendimiento del aparato, con análisis de incertidumbres y una estimación del ahorro por hervir solo el agua necesaria.

DURACIÓN

1 sesión de 55 min (más el informe)

AGRUPACIÓN

grupos de 3

UNIDAD 5

Energía: conservación de la energía mecánica, termodinámica y consumo energético

MATERIALES

- Hervidor eléctrico con tapa (en torno a 2000 W) y su placa base
- Medidor de consumo enchufable que indique la potencia en vatios (para 230 V y 16 A como mínimo)
- Termómetro digital de sonda (resolución 0,1 °C)
- Balanza de resolución 1 g y capacidad suficiente para el hervidor con agua
- Cronómetro (o el del teléfono móvil)
- Jarra o probeta de 1 L, agua del grifo y una varilla o cuchara larga para remover
- Paño de cocina o guante resistente al calor

ENCAJE CURRICULAR · Saberes B.6 · Comp. específicas CE1, CE2, CE3, CE4 · Comp. clave STEM, CCL, CPSAA

Criterios: 1.2, 2.3, 3.1, 4.1

Objetivo

Medir la energía eléctrica que consume un aparato doméstico y la que llega al agua que calienta, calcular su rendimiento y distinguir en la práctica potencia, energía y rendimiento.

Planteamiento

Antes de empezar, cada grupo escribe su predicción razonada:

1. La etiqueta del hervidor indica su potencia. ¿Basta ese dato para saber cuánta energía consume al calentar el agua? ¿Y para saber cuánta llega al agua?
2. ¿Qué porcentaje de la energía eléctrica creéis que acaba en el agua? ¿Adónde va el resto?

Normas de seguridad específicas

- **Agua caliente y vapor:** el hervidor se calienta solo 90 s con 1000 g de agua y 45 s con 500 g, para que el agua no pase de unos 60 °C y no se forme vapor. Con 500 g de agua, 90 s la llevarían a unos 80-90 °C: no se alarga nunca el tiempo indicado. Si alguna lectura supera los 60 °C, se espera a que el agua se enfríe antes de seguir. Nunca se abre la tapa con el hervidor encendido; se agarra siempre por el asa y, al abrirla, con el paño, apartando la cara.

- **Electricidad:** manos secas al enchufar y desenchufar. El hervidor se apaga y se **desenchufa del medidor antes** de abrir la tapa e introducir la sonda del termómetro. Si se derrama agua sobre la base, el medidor o la mesa, no se toca nada y se avisa al profesorado.
- El medidor de consumo se conecta directamente a la toma de pared, nunca a una regleta con otros aparatos. Se comprueba que admite la potencia del hervidor ($16 \text{ A} \times 230 \text{ V} = 3680 \text{ W}$).
- El hervidor se coloca en el centro de la mesa, con el cable recogido para que no cuelgue ni se pueda enganchar.
- El agua usada se deja enfriar antes de verterla en la pila.

Procedimiento

1. Tarad la balanza con el hervidor vacío y añadid agua del grifo hasta que la balanza marque 1000 g. Anotad la masa exacta.
2. Removed, introducid la sonda del termómetro, esperad a que la lectura se estabilice y anotad T_1 . Retirad la sonda y cerrad la tapa.
3. Enchufad el medidor de consumo a la pared y el hervidor al medidor. Uno de los miembros del grupo se encarga del cronómetro; otro, de leer la potencia.
4. Encended el hervidor y el cronómetro a la vez. A los 30 s y a los 60 s anotad la potencia que marca el medidor.
5. A los 90 s exactos, apagad el hervidor. Desenchufadlo del medidor.
6. Abrid la tapa con el paño, removed el agua durante 15 s para igualar la temperatura e introducid la sonda. Anotad la temperatura máxima que alcanza la lectura (T_2).
7. Repetid el procedimiento con 500 g de agua fría del grifo (cuestión 4), pero apagad el hervidor a los **45 s**, no a los 90 s: con la mitad de agua, la mitad de tiempo da una subida de temperatura parecida y el agua no pasa de unos 60°C . Antes de empezar, enjuagad el hervidor con agua fría para que no conserve el calor de la medida anterior.

Tabla de datos

MAGNITUD	MEDIDA 1 (1000 G)	MEDIDA 2 (500 G)
Masa de agua, m (g)		
Temperatura inicial, T_1 ($^\circ\text{C}$)		
Potencia a los 30 s (W)		
Potencia a los 60 s (W)		
Potencia media, P (W)		
Tiempo de funcionamiento, t (s)		
Temperatura final, T_2 ($^\circ\text{C}$)		
$\Delta T = T_2 - T_1$ (K)		
Energía consumida, $E = P \cdot t$ (J)		
Energía consumida (kWh)		
Energía recibida por el agua, $Q = m c \Delta T$ (J)		
Rendimiento, $\eta = Q / E$ (%)		

Tratamiento de datos y cuestiones

Dato: capacidad calorífica específica del agua líquida, $c = 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (NIST). $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$.

1. Completad la tabla con las unidades del SI y las cifras significativas que permitan vuestras medidas. Calculad el rendimiento de las dos medidas.
2. ¿Adónde va la energía que no llega al agua? ¿Se ha incumplido la conservación de la energía?
3. Estimad la incertidumbre relativa de m , ΔT , t y P (consultad la ficha técnica del medidor). ¿Cuál limita más la precisión del rendimiento? Si otro grupo obtiene un 104 %, ¿qué ha podido pasar?
4. Comparad los rendimientos con 1000 g y con 500 g y explicad la diferencia.
5. Muchas personas llenan el hervidor entero para preparar una sola taza. Calculad la energía que se consume al año por calentar cada día 1,0 L de agua de más desde 15 °C hasta 100 °C con el rendimiento que habéis medido, y estimad las emisiones con el factor medio del sistema eléctrico español que se calcula en el libro (unos 0,10 kg CO₂ eq/kWh en 2024). ¿Qué hábito recomendaríais?
6. ¿Un hervidor de más potencia tiene necesariamente más rendimiento? Justificadlo con vuestras medidas.
7. Comparad los resultados con vuestras predicciones y redactad el informe con la estructura de la unidad 1.

Alternativa virtual

Si no hay hervidor ni medidor disponibles, las transferencias de energía al calentar agua pueden explorarse con la simulación [Formas y cambios de energía de PhET](#) (Universidad de Colorado, en español), que representa con «paquetes» de energía cómo pasa la energía de un quemador al agua y al entorno. La simulación es cualitativa: no da potencias ni rendimientos, así que las cuestiones 1 a 5 se resuelven con los datos de ejemplo que facilite el profesorado.

Rúbrica

CRITERIO	INSUFICIENTE (1)	SUFICIENTE (2)	NOTABLE (3)	EXCELENTE (4)
Trabajo experimental y seguridad (1.2)	Incumple las normas (abre la tapa enchufado, manos mojadas) o no completa las medidas	Completa las medidas con recordatorios de seguridad	Mide con cuidado y cumple las normas sin recordatorios	Además, controla las fuentes de error (remueve, enjuaga entre medidas) y anota observaciones útiles
Interpretación energética (2.3)	Confunde calor, temperatura y energía consumida	Calcula las energías, pero no explica adónde va la energía no útil	Explica las pérdidas con la conservación de la energía	Además, explica por qué el rendimiento cambia con la cantidad de agua
Cálculo y unidades (4.1)	Confunde kW y kWh o no usa el SI	Calcula E , Q y η con algún error de unidades	Calcula E , Q y η con unidades y cifras significativas correctas	Además, estima las incertidumbres e identifica la dominante
Consumo responsable (3.1)	No relaciona la práctica con el consumo real	Propone un hábito sin cuantificarlo	Cuantifica el ahorro anual en kWh	Cuantifica ahorro y emisiones, y valora el efecto de muchos hogares y del origen de la electricidad

Solución orientativa

Para el profesorado: pasos de la resolución del ejercicio.

1. Fundamento: la energía eléctrica consumida es $E = P \cdot t$ (P leída en el medidor, t con el cronómetro); la energía que recibe el agua es $Q = m c \Delta T$, con $c = 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$; el rendimiento es $\eta = Q / E$. Se usa el producto $P \cdot t$ y no la lectura de energía del medidor porque esta suele tener una resolución de 0,01 kWh = 36 kJ, demasiado grosera para un calentamiento de 90 s (unos 180 kJ).
2. Ejemplo de resultados: $P = 1985 \text{ W}$; $t = 90,0 \text{ s}$; $E = 1985 \text{ W} \times 90,0 \text{ s} = 1,79 \times 10^5 \text{ J}$ (0,0496 kWh). $m(\text{agua}) = 1,000 \text{ kg}$; $T_1 = 19,6 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_2 = 56,1 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta T = 36,5 \text{ K}$; $Q = 1,000 \text{ kg} \times 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 36,5 \text{ K} = 1,53 \times 10^5 \text{ J}$. $\eta = 1,526 \times 10^5 \text{ J} / 1,787 \times 10^5 \text{ J} = 0,854 = 85,4 \%$.
3. Cuestión 2 (adónde va el resto): unos $2,6 \times 10^4 \text{ J}$ (el 15 %) no acaban en el agua: calientan la resistencia, las paredes y la tapa del hervidor, el aire de dentro y el de alrededor, y una pequeña parte se va con el vapor y la evaporación. La energía se conserva; lo que se pierde es energía útil.
4. Cuestión 3 (incertidumbres): con $\Delta T = 36,5 \text{ K} \pm 0,2 \text{ K}$ (dos lecturas de $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$), la incertidumbre relativa de ΔT es del 0,5 %; la de la masa, $1 \text{ g} / 1000 \text{ g} = 0,1 \%$; la del tiempo, unos $0,5 \text{ s} / 90 \text{ s} = 0,6 \%$; la del medidor, típicamente del 1-2 % según su ficha técnica. La más grande es la del medidor; el rendimiento se puede dar como $(85 \pm 2) \%$. Un rendimiento de grupo mayor del 100 % indica un error: lo más frecuente es no remover antes de medir T_2 (la sonda está en una zona caliente) o anotar la potencia nominal de la etiqueta en lugar de la medida.
5. Cuestión 4 (con 0,500 kg de agua durante 45 s): la mitad de agua recibe la mitad de energía, así que la subida de temperatura es parecida a la de la medida 1 (con $\eta = 0,85$: $0,85 \times 1985 \text{ W} \times 45 \text{ s} / (0,500 \text{ kg} \times 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}) = 36 \text{ K}$) y el agua no pasa de unos $60 \text{ }^\circ\text{C}$. El rendimiento suele bajar, porque la energía que se queda en el propio hervidor es parecida y ahora es una fracción mayor de lo consumido. Es un argumento físico para no calentar menos agua de la mínima que marca el aparato ni más de la que se va a usar.
6. Cuestión 5 (ahorro): calentar cada día 1,0 L de agua de más desde $15 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta $100 \text{ }^\circ\text{C}$ supone una energía útil de $1,0 \text{ kg} \times 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 85 \text{ K} = 3,55 \times 10^5 \text{ J} = 0,0987 \text{ kWh}$; con un rendimiento del 85,4 %, se consumen $0,0987 / 0,854 = 0,116 \text{ kWh}$. En un año, $0,116 \times 365 = 42 \text{ kWh}$. Con el factor de emisión medio del sistema eléctrico español en 2024 estimado en el libro (unos $0,10 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/kWh}$, a partir de los datos de Red Eléctrica), son unos 4 kg de CO_2 equivalente al año por hogar. Se valora que el grupo relacione el gesto individual con la suma de muchos hogares y con el origen de la electricidad.
7. Cuestión 6 (potencia frente a rendimiento): no. Un hervidor de mayor potencia calienta antes, pero su rendimiento puede ser mayor, igual o menor; para comparar dos aparatos hay que medir la energía útil y la consumida, no leer la potencia de la etiqueta.