

3 Energía y potencia eléctricas

Página 187

- 28.** Si una central eléctrica de 1 MW funciona ininterrumpidamente durante un año, ¿qué energía eléctrica proporciona? ¿A cuántas bombillas de 25 W podría alimentar?

La relación entre la potencia eléctrica, la energía eléctrica y el tiempo es:

$$P = \frac{E}{t} \rightarrow E = P \cdot t$$

En este caso:

$$P = 1 \text{ MW} = 1 \cdot 10^6 \text{ W}$$

$$t = 1 \text{ año} \cdot \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 31\,536\,000 \text{ s}$$

Por tanto, la energía eléctrica que proporciona la central es:

$$E = P \cdot t \rightarrow E = 1 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 31\,536\,000 \text{ s} = 3,1536 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

Para mantener encendida una bombilla de 25 W durante un año se necesita una energía de:


$$E_{\text{bombilla}} = P_{\text{bombilla}} \cdot t = 25 \text{ W} \cdot 31\,536\,000 = 788,4 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Así, las bombillas que se podrían mantener encendidas durante un año serían:

$$n.^\circ \text{ bombillas} = \frac{E}{E_{\text{bombilla}}} = \frac{3,1536 \cdot 10^{13}}{788,4 \cdot 10^6} = 40\,000 \text{ bombillas}$$

4 Transporte y distribución de energía eléctrica

Página 189

- 33.**  Utilizando el valor mínimo de tensión para el consumo industrial de la imagen de la red eléctrica, y el de consumo doméstico, determina la relación entre el número de vueltas del circuito primario (N_1) y secundario (N_2) de los transformadores de la subestación de distribución.

De acuerdo con la figura, la tensión a la que llega la energía eléctrica a la subestación de distribución es, como máximo, de 132 kV, y después de ser transformada sale con una tensión, para uso industrial, de hasta 12,5 kV, y, para consumo doméstico, de 220 V.

Por tanto, la relación entre el número de vueltas del circuito primario y el del secundario para el valor mínimo de consumo industrial será:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{132 \text{ kV}}{12,5 \text{ kV}} = 10,56$$

Y, para el caso del consumo doméstico:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{132\,000 \text{ V}}{220 \text{ V}} = 600$$

5 Energía eléctrica en la vivienda

Página 194

40.  El kWh, ¿es unidad de potencia o de energía? Razona tu respuesta.

El kWh hora es una unidad de energía, ya que:

$$E = P \cdot t$$

La equivalencia entre el kWh y la unidad de energía en el SI, el julio, es:

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kW}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 3600000 \text{ W} \cdot \text{s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

42. ¿Qué intensidad circula por los circuitos de una lavadora de 1500 W, 220 V? ¿Cuánto consume en un ciclo de lavado de 1,5 h?

La intensidad de corriente la calculamos a partir de los datos de potencia y voltaje:

$$P = V \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{V} \rightarrow I = \frac{1500 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 6,8 \text{ A}$$

El consumo en un ciclo de lavado de 1,5 h, teniendo en cuenta que:

$$t = 1,5 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 5400 \text{ s}$$

Resulta:

$$E = P \cdot t \rightarrow E = 1500 \text{ W} \cdot 5400 \text{ s} = 8,1 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Teniendo en cuenta que:

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

El consumo de energía resulta:

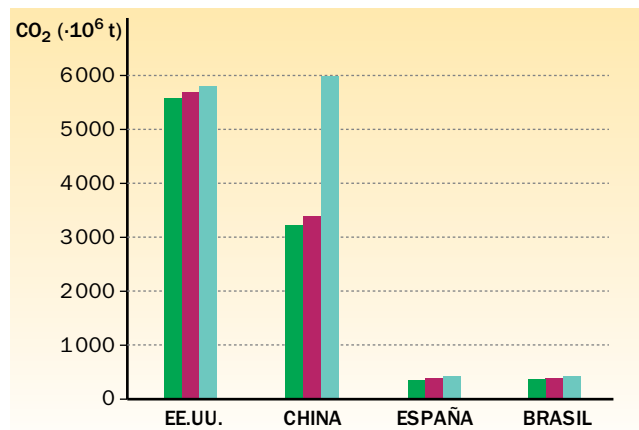
$$E = 8,1 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 2,25 \text{ kWh}$$


Trabaja con lo aprendido

Página 198

El uso racional de la energía

6. El gráfico muestra las emisiones totales de CO₂ de cuatro países en tres períodos consecutivos de cuatro años cada uno:



- a) ¿Qué país ha aumentado más sus emisiones? ¿En qué porcentaje, respecto al segundo período?
- b) ¿Cuántas veces, aproximadamente, emite dicho país más CO₂ que España?
- c)  Busca datos sobre la población de China y España y calcula las toneladas de CO₂ que emite cada país por habitante.
- d) Comenta brevemente los resultados que hayas obtenido en los apartados anteriores.

- a) China, casi en un 50%.
- b) España emite unos 400 millones de toneladas de CO₂, y China, más de 6000 millones de toneladas, 15 veces más.
- c) En el año 2015, la población de China era, aproximadamente, de 1370 000 000 habitantes, y la de España, de 47 000 000. Por tanto, China emitió un número de toneladas por habitante, n_{China} , de:

$$n_{\text{China}} = \frac{6\,000 \cdot 10^6 \text{ t de CO}_2}{1370 \cdot 10^6 \text{ habitantes}} = 4,38 \text{ t de CO}_2/\text{habitante}$$

Y España emitió:

$$n_{\text{España}} = \frac{400 \cdot 10^6 \text{ t de CO}_2}{47 \cdot 10^6 \text{ habitantes}} = 8,51 \text{ t de CO}_2/\text{habitante}$$

- d) Respuesta abierta. Se pretende que el alumnado resuma en una frase los resultados obtenidos en los distintos apartados como modo de síntesis de lo realizado. Además, se trataría de una conclusión basada en el uso de pruebas, lo que refuerza esta cuestión fundamental de la metodología científica, que podría ir acompañada de reflexiones personales fundamentadas en ella.

8. Cuando se habla de producción de energía, se utiliza como unidad la tonelada equivalente de petróleo (tep): 1 tep = 4,187 · 10⁷ kJ. ¿Cuántas tep son necesarias para producir la energía doméstica de una población de 50 000 habitantes al cabo de un mes, si en cada hogar viven cuatro personas y tiene contratada una potencia de 5,25 kW?

Si en cada hogar viven cuatro personas, el número de hogares, n_{hogares} , que corresponde a 50 000 habitantes es:

$$n_{\text{hogares}} = \frac{n.^{\circ} \text{ de habitantes}}{4} = \frac{50\,000}{4} = 12\,500 \text{ hogares}$$

Si cada hogar tiene contratada una potencia de 5,25 kW, la potencia total necesaria será:

$$P = n_{\text{hogares}} \cdot 5,25 = 12\,500 \cdot 5,25 = 65\,625 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta que 1 mes equivale a:

$$t = 1 \text{ mes} \cdot \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{3\,600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 2\,592\,000 \text{ s}$$

La energía total que se necesita, expresada en julios, es:

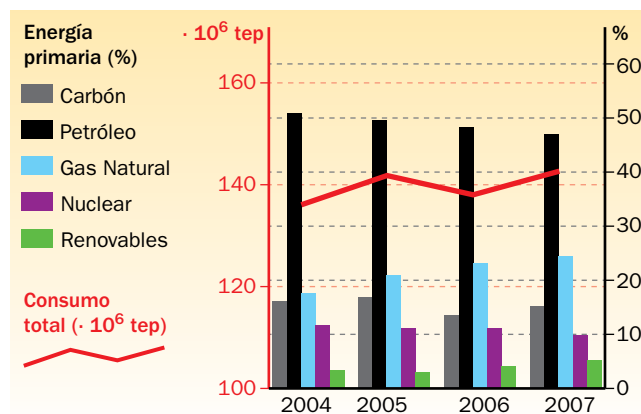
$$E = P \cdot t \rightarrow E = 65\,625 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 2\,592\,000 \text{ s} = 1,701 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

Esta energía, expresada en tep, es:

$$E = 1,701 \cdot 10^{11} \text{ kJ} \cdot \frac{1 \text{ tep}}{4,187 \cdot 10^7 \text{ kJ}} = 4\,063 \text{ tep}$$

9. El gráfico muestra el consumo anual de energía primaria (línea roja) en nuestro país (en tep) y su distribución por tipo de fuente (diagrama de barras, en %):

- Explica cómo han evolucionado (alza/baja) los distintos tipos de energía primaria.
- Indica, en kWh, cuál ha sido la participación de las energías renovables en el consumo total de energía primaria en el año 2007.
- ¿Cuánto mayor fue, en 2007, el consumo de combustibles fósiles que las otras fuentes?



- El consumo de carbón disminuyó de 2005 a 2006, y volvió a aumentar en 2007; el de petróleo ha evolucionado a la baja, al contrario que el de gas natural y el de energías renovables, que han aumentado; el uso de energía nuclear disminuyó levemente de 2006 a 2007.
- De acuerdo con la figura, el consumo total de energía en 2007 fue de unos 142 000 ktep, y de estos, el 5% correspondió a las energías renovables; esto es:

$$\text{Consumo renovables} = 142\,000 \text{ ktep} \cdot \frac{5}{100} = 7\,100 \text{ ktep}$$

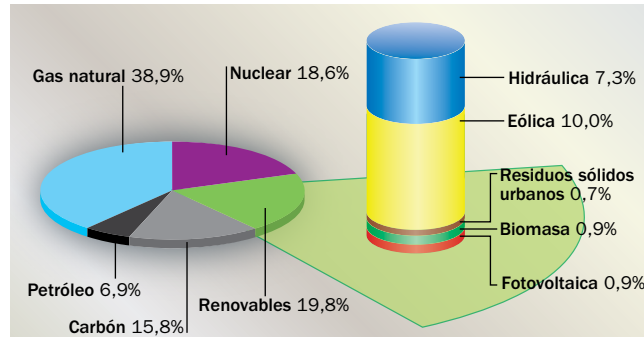
Expresado en kWh, resulta:

$$\text{Consumo renovables} = 7\,100 \cdot 10^3 \text{ tep} \cdot \frac{4,187 \cdot 10^{10} \text{ J}}{1 \text{ tep}} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 8,26 \cdot 10^{10} \text{ kWh}$$

- Si se suman por un lado los porcentajes de carbón, petróleo y gas natural: 46% + 15% + 24% = 85%, y la nuclear y las energías renovables por otro, 10% + 5% = 15%, resulta que el consumo fue de un 85% de combustibles fósiles frente al 15% de otras fuentes; esto es, más de cuatro veces mayor.

10. Observa el gráfico de producción de energía eléctrica y contesta a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Qué porcentaje de las energías renovables tienen como origen las energías hidráulica y eólica?
 b) Si la producción de energía eléctrica fue de 62500 GWh, ¿qué cantidad originó la energía fotovoltaica?



- a) El porcentaje de las energías renovables sobre el total de producción de energía eléctrica, de acuerdo con el gráfico, es:

$$\% \text{ renovables} = 7,3 \% + 10,0 \% + 0,7 \% + 0,9 \% + 0,9 \% = 19,8 \%$$

El porcentaje de este resultado que tiene como origen la energía hidráulica es:

$$\% (\text{renovables/hidráulica}) = \frac{7,3}{19,8} \cdot 100 = 37 \%$$

Y el que tiene como origen a la energía eólica:

$$\% (\text{renovables/eólica}) = \frac{10,0}{19,8} \cdot 100 = 51 \%$$

Por tanto, un 37% de la producción de energía renovable proviene de la energía hidráulica, y un 51%, de la eólica.

- b) La energía fotovoltaica supuso un 0,9% de la producción de energía eléctrica; por tanto:

$$E_{\text{fotovoltaica}} = 62\,500 \text{ GWh} \cdot \frac{0,9}{100} = 562,5 \text{ GWh}$$

Página 199

Energía y potencia eléctricas

12. Un electrodoméstico lleva en su placa las siguientes indicaciones:

$$1\,500 \text{ W}/220 \text{ V}$$

¿Qué intensidad de corriente circulará por él?

Teniendo en cuenta que:

$$P = V \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{V}$$

El valor de la intensidad resulta:

$$I = \frac{1\,500 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 6,8 \text{ A}$$

- 13.** Un ventilador está enchufado a una red eléctrica de 220 V. Si por él circula una intensidad de 3 A, calcula:

- a) La potencia del ventilador.
b) La energía que disipa en forma de calor en 1 min.

a) La potencia del ventilador es:

$$P = V \cdot I \rightarrow P = 220 \text{ V} \cdot 3 \text{ A} = 660 \text{ W}$$

b) En $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$, la energía disipada en forma de calor será:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t = I \cdot I \cdot R \cdot t = I \cdot V \cdot t = 3 \text{ A} \cdot 220 \text{ V} \cdot 60 \text{ s} = 39\,600 \text{ J}$$

- 14.** Un horno eléctrico tiene una potencia de 2,5 kW si lo conectamos a la red de 220 V. Calcula la energía eléctrica, en kWh, que consume si lo mantenemos funcionando durante 30 minutos.

La energía que consumirá en 30 min, esto es, en 1800 s, será:

$$E = P \cdot t \rightarrow E = 2,5 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 1800 \text{ s} = 4,5 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Expresado en kWh, la energía consumida será:

$$E = 4,5 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 1,25 \text{ kWh}$$

- 16.** Una bombilla lleva los siguientes datos: 230 V, 60 W. Indica qué potencia puede proporcionar cuando la conectamos a una tensión de 390 V.

Teniendo en cuenta la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R \rightarrow R = \frac{V}{I} \rightarrow I = \frac{V}{R}$$

La expresión de la potencia resulta:

$$P = V \cdot I = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

Cuando conectamos la bombilla a 230 V tenemos:

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R} \rightarrow 60 = \frac{230^2}{R} \rightarrow R = \frac{230^2}{60}$$

Y cuando la conectamos a 390 V:

$$P_2 = \frac{V_2^2}{R} \rightarrow P_2 = \frac{390^2}{R} \rightarrow R = \frac{390^2}{P_2}$$

Igualando ambas expresiones se obtiene el valor de P_2 :

$$\frac{230^2}{60} = \frac{390^2}{P_2} \rightarrow P_2 = \frac{390^2 \cdot 60}{230^2} = 172,5 \text{ W}$$

- 17.** Si el fusible de un enchufe lleva la inscripción «2 A», ¿cuál será la máxima potencia que le podremos conectar?

La máxima potencia que le podemos conectar, en una instalación típica de 220 V, será:

$$P = V \cdot I \rightarrow P = 220 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 440 \text{ W}$$

Si le conectamos una potencia superior, la intensidad de corriente eléctrica que atravesará el fusible será mayor de 2 A, y, en consecuencia, este se fundirá.

Transporte y distribución de energía eléctrica

- 19.** Un transformador tiene 440 espiras arrolladas en el circuito primario, y las tensiones de entrada y de salida son de 220 V y de 12 V, respectivamente. Calcula el número de espiras del circuito secundario.

De acuerdo con la relación de transformación estudiada en la unidad:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow N_2 = \frac{V_2 \cdot N_1}{V_1}$$

El número de espiras del secundario resulta:

$$N_2 = \frac{12 \text{ V} \cdot 440 \text{ espiras}}{220 \text{ V}} = 24 \text{ espiras}$$

- 20.** En el transformador del ejercicio anterior, calcula la intensidad que recorre los arrollamientos primario y secundario, si la potencia en ambos es de 60 W.

La potencia medida en el primario es igual a la medida en el secundario, esto es, no varía; por tanto:

$$P = I_1 \cdot V_1 = I_2 \cdot V_2$$

La intensidad de corriente que recorrerá el arrollamiento primario será:

$$P = I_1 \cdot V_1 \rightarrow I_1 = \frac{P}{V_1} = \frac{60 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 0,27 \text{ A}$$

Y la que recorrerá el arrollamiento secundario:

$$P = I_2 \cdot V_2 \rightarrow I_2 = \frac{P}{V_2} = \frac{60 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 5 \text{ A}$$

- 21.** Un transformador reduce la tensión de una línea eléctrica, siendo $V_1 = 2\,200 \text{ V}$ e $I_2 = 60 \text{ A}$. Si por cada 10 espiras del primario, el secundario tiene 1, calcula la tensión en el secundario, V_2 , la corriente en el primario, I_1 , y la potencia, P .

La relación entre el número de espiras de cada arrollamiento de un transformador, la intensidad que los recorre y los potenciales de entrada y salida es:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Además, la potencia no varía; esto es:

$$P = I_1 \cdot V_1 = I_2 \cdot V_2$$

Los datos de que disponemos son:

$$V_1 = 2\,200 \text{ V} \quad ; \quad I_2 = 60 \text{ A} \quad ; \quad \frac{N_1}{N_2} = 10$$

Por tanto, a partir de la relación inicial podemos obtener la tensión en el secundario, V_2 :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{N_2}{N_1} = 2\,200 \text{ V} \cdot \frac{1}{10} = 220 \text{ V}$$

La corriente en el primario, I_1 , será:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} \rightarrow I_1 = I_2 \cdot \frac{V_2}{V_1} = 60 \text{ A} \cdot \frac{220 \text{ V}}{2\,200 \text{ V}} = 6 \text{ A}$$

Por último, el valor de la potencia resulta:

$$P = I_1 \cdot V_1 = I_2 \cdot V_2$$

$$P = 6 \text{ A} \cdot 2\,200 \text{ V} = 60 \text{ A} \cdot 220 \text{ V} = 13\,200 \text{ W} = 13,2 \text{ kW}$$

Energía eléctrica en la vivienda

- 24.** Calcula la energía, en kWh, que consume una bombilla de 100 W encendida durante 10 horas.

La energía consumida será:

$$E = P \cdot t$$

donde, en este caso:

$$P = 100 \text{ W}$$

$$t = 10 \text{ h} \cdot \frac{3\,600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 36\,000 \text{ s}$$

Por tanto:

$$E = P \cdot t = 100 \text{ W} \cdot 36\,000 \text{ s} = 3\,600\,000 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Este valor de la energía, expresado en kWh, resulta

$$E = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 1 \text{ kWh}$$

- 25.** Teniendo en cuenta la potencia contratada en tu casa (toma el dato de una factura eléctrica) y que la electricidad doméstica normalmente funciona a 220 V, ¿qué indicación debe llevar el ICP de la instalación? Comprueba si es así.

Supongamos que la potencia contratada es de 5,5 kW; en ese caso, como la tensión doméstica habitual es de 220 V, el valor de la intensidad que marcará el ICP será de:

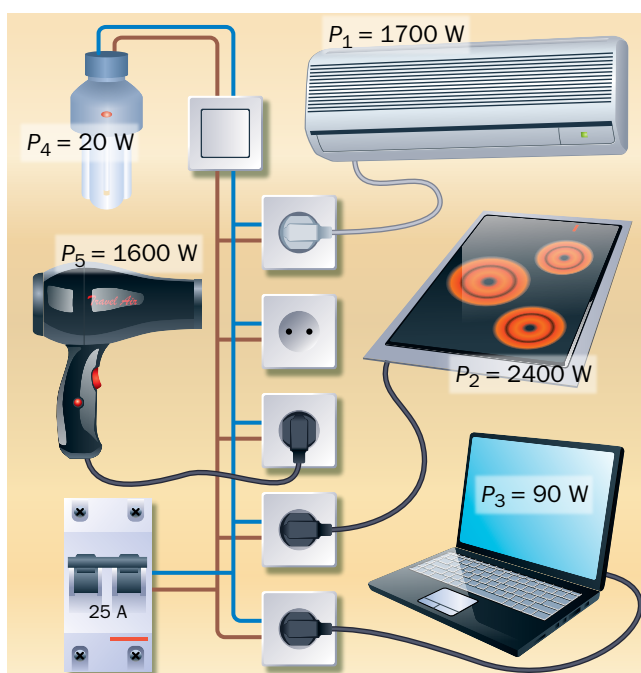
$$P = V \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{5,5 \cdot 10^3 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 25 \text{ A}$$

Otra instalación típica suele ser de 3,3 kW; en ese caso, en el ICP se indicará el siguiente valor de intensidad:

$$P = V \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{3,3 \cdot 10^3 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 15 \text{ A}$$

Página 200

- 26.** Argumenta sobre si el interruptor de potencia de este circuito, de 25 A, saltará cuando tenga todos los aparatos conectados a la vez.



La potencia total necesaria si se conectan todos los aparatos a la vez será:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

$$P = 1700 + 2400 + 90 + 20 + 1600 = 5810 \text{ W}$$

La intensidad que atravesará el circuito, cuya tensión es de 220 V, será:

$$P = V \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{5810 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 26,4 \text{ A}$$

Como ese valor es superior a los 25 A que marca el ICP, este saltará, para controlar que la vivienda no utiliza más potencia de la contratada.

27. Por un secador de pelo ($R = 45 \Omega$), circula una corriente de 2,5 A. Calcula:

- a) Su potencia eléctrica.
- b) La energía, expresada en kWh, que consume en 10 min de funcionamiento, y su coste sin impuestos, si 1 kWh cuesta 0,15 €.

a) La potencia eléctrica se calcula con la expresión:

$$P = I \cdot V$$

Teniendo en cuenta la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R$$

La expresión de la potencia eléctrica queda como sigue:

$$P = I \cdot V = I \cdot I \cdot R = I^2 \cdot R$$

Por tanto, su valor será:

$$P = 2,5^2 \cdot 45 = 281,25 \text{ W}$$

b) En $t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$ de funcionamiento, la energía consumida será:

$$E = P \cdot t \rightarrow E = 281,25 \text{ W} \cdot 600 \text{ s} = 168750 \text{ J}$$

Expresada en kWh, resulta:

$$E = 168750 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 0,047 \text{ kWh}$$

El coste será:

$$\text{Coste} = 0,047 \text{ kWh} \cdot \frac{0,15 \text{ €}}{1 \text{ kWh}} = 7,0 \cdot 10^{-3} \text{ €}$$

28. Con la tabla de consumo que se suministra a continuación, justifica qué potencia sería adecuado contratar para tu vivienda.

Tabla de potencias aproximadas de algunos receptores eléctricos	
Receptor	Potencia (W)
Bombilla (incandescente)	40-100
Bombilla (bajo consumo)	8-20
Televisor	150-200
Tostadora	800-900
Plancha	1500
Lavadora	2500
Lavavajillas	3000

Si suponemos la potencia máxima que se muestra en cada caso, y si todos los receptores eléctricos estuvieran conectados a la vez, la potencia total necesaria sería:

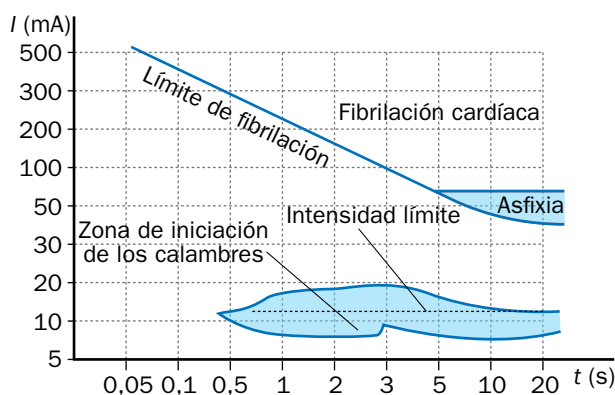
$$P = 100 + 20 + 200 + 900 + 1500 + 2500 + 3000 = 8220 \text{ W}$$

Así, la potencia a contratar sería de unos 8220 W, esto es, 8,22 kW.

Nota: Se sugiere abrir un debate acerca de la necesidad de contratar una potencia eléctrica que permita tener conectados todos los aparatos a la vez, o si es suficiente con contratar una potencia menor y conectar los aparatos en diferentes horarios.

29. La gráfica (que no está a escala) muestra algunos efectos de la corriente eléctrica en función de su intensidad y la duración de la descarga:

- ¿Entre qué valores de la intensidad y del tiempo se producen calambres?
- Si sufres una descarga durante 20 s, ¿qué valor mínimo ha de tener la intensidad para que se produzca fibrilación cardíaca?
- ¿Qué efecto produce una descarga de 7 s y cuya intensidad de corriente es de 75 mA?



- A partir de 0,5 segundos, para intensidades comprendidas entre 7 mA y 10 mA, aproximadamente.
- Unos 40 mA.
- Fibrilación cardíaca.

Página 201

31. Extrae toda la información que puedas de la etiqueta de la fotografía, y calcula el consumo del aparato en 15 minutos de funcionamiento.



El aparato eléctrico cuya etiqueta se muestra puede conectarse a una tensión eléctrica de 230 V, y su potencia es de 45 W; la frecuencia de la tensión eléctrica alterna a la que puede conectarse, concepto que se estudia en cursos superiores, es de 50 Hz, la habitual en nuestro país.

A partir de los datos anteriores, podemos calcular la intensidad de corriente que recorrerá el aparato:

$$P = V \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{V} \rightarrow I = \frac{45 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,196 \text{ A}$$

El consumo del aparato en $t = 15 \text{ min} = 15 \cdot 60 = 900 \text{ s}$, será:

$$E = P \cdot t \rightarrow E = 45 \text{ W} \cdot 900 \text{ s} = 40\,500 \text{ J}$$

Teniendo en cuenta la equivalencia entre el julio y el kWh, resulta:

$$E = 40\,500 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 0,01 \text{ kWh}$$