

## Problemas - Serie 1 – Unidades- Poder Calorífico- Eficiencia

Lea atentamente los enunciados. **Recuerde que lo más importante es la justificación de su respuesta más allá de los resultados.** Trate de ser sintético pero preciso. Use una **hoja Excel para realizar los problemas**, incluya en un cuadro de texto, el enunciado. Cada variable que usa debe tener su **explicación sintética y sus unidades**. Lo mismo que los resultados. Use una hoja de Excel por **cada problema**. Si un problema tiene varios puntos, usar la misma hoja de Excel, pero destacando cada parte, por Ej. Probl.1.A, Probl.1 C. , etc. Indique claramente lo que son **datos del problema y cálculos y Resultados**. **Los cálculos deben estar realizados en la misma hoja de Excel. NO ponga resultados sin su justificación. No serán considerados.** **Explique brevemente las suposiciones o hipótesis que realiza.** Para cada variable que usa, indique las unidades que usa.

**Recuadre claramente los resultados finales. Mucha suerte.**

Con todas las unidades utilizadas, construya una tabla de equivalencias de unidades, agrupándolas por magnitud física. En la Página [www.fisicarecristiva.com/EyA](http://www.fisicarecristiva.com/EyA), hay una muestra. Puede utilizar una aplicación para Android (convertidor de unidades) o *Convert* para Windows (<http://joshmadison.com/convert-for-windows/>).

### 1. Calcule

- ¿Cuántos Joules se requieren para mantener encendida una lámpara incandescente de 100W todo el día?
- La quema de carbón rinde  $30 \times 10^6$  J por kg de carbón quemado. Busque en la bibliografía el poder calorífico del carbón, ¿Cómo se compara estos datos con el sugerido aquí? ¿Qué dificultades encuentra?
- Asumiendo que una central a carbón tiene un 30% de eficiencia, ¿cuánto carbón se debe quemar para mantener la lámpara encendida todo el día?
- Suponga que la eficiencia de conversión de carbón a electricidad es del 30% y las pérdidas en la red de transmisión y distribución son del 12%. En Argentina habían antes de 2012 unos 160 millones de lámparas de este tipo (100 W), cuanto carbón se debería quemar por hora, durante la noche, de 20 a 24hs, para encender estas lámparas. ¿Cómo se podría transportar todo este carbón a una planta que produzca esta energía? ¿Sería viable esta operación logística?

### 2. .

- La nafta tiene un poder calorífico inf. de  $10350 \text{ kcal/kg} = 4,7 \times 10^7 \text{ J/l}$ . Busque en la bibliografía el poder calorífico de la nafta ¿Cómo se compara estos datos con el sugerido aquí? ¿Qué dificultades encuentra? A un precio de U\$S 1,0 por litro<sup>§</sup>,

<sup>§</sup> Datos aproximados en Argentina, al consumidor final, agosto 2020, considerando 1U\$S= \$102.

¿cuántos Joules se obtienen por un dólar? ¿cuántos KWh se obtienen por un dólar de la nafta? ¿cuántos KWh de electricidad se obtienen por un dólar en AMBA?

- b. ¿Cuánto cuesta en dólares el kWh de nafta, cómo se compara con el costo de la electricidad y el gas en Buenos Aires? Un kWh de electricidad cuesta \$6 en AMBA y el m<sup>3</sup> de gas cuesta \$21 (estos son \$ Argentinos).
  - c. Un m<sup>3</sup> de gas produce 9300 Kcal cuando se quema y cuesta en EE.UU. 3U\$S/MBTU. ¿Cuánto cuesta el MBTU de gas natural a los usuarios residenciales en Argentina? ¿Cómo se compara este valor con el costo del MBTU de gas importado (LNG- 35 USD/M\_BTU en Argentina)? Explique la diferencia
  - d. Una bolsa de carbón vegetal de 10 kg cuesta 3,3 USD/kg al público, con un poder calorífico de 5000 kcal/kg. ¿Cuántos J se obtienen por un dólar? ¿Qué diferencia al carbón vegetal del mineral?
  - e. El aceite de girasol cuesta alrededor de U\$S 1 por litro y tiene 108 kcal por porción de 13 ml. ¿Cuántos Joules se pueden obtener por un dólar? ¿Qué diferencias habrá si se trata de aceite de oliva? (108 kcal por 13 ml, U\$S 12/l)
  - f. Construya una tabla con el costo internacional del USD/MBTU y USD/kWh de gas natural (Residencial RA), gas natural licuado (GNL), el de la Nafta (RA), del carbón mineral y vegetal, la electricidad (RA) y el de alcohol. Discuta estos resultados. El litro de alcohol cuesta unos 1,6 USD/l y tiene un PC=6400 kcal/l)
3. Una **central eléctrica térmica** de 1 GW y Factor de utilización del 95% al año, puede ser construida a gas natural (GN) o carbón (C) como combustible. Una central a GN de Ciclo Combinado (GN-CC) tiene una eficiencia de conversión del 58%, mientras que una central a Carbón tiene una eficiencia del 33%. Si el precio del GN es de 5 USD/MBTU y el del carbón es de 80 USD/Tn (Poder calorífico 7500 kcal/kg). A) Calcular la cantidad de TWh al año producida por cada una de las centrales. B) Calcular el costo de combustible que cada una de estas centrales usa por año. C) Calcular el costo del MWh asociado solo al costo del combustible para cada alternativa posible (GN-CC o C). D) Calcular las emisiones anuales de ambas centrales. E) Calcular las Emisiones de CO<sub>2</sub> por MWh de cada una de estas alternativas. F) Discuta la conveniencia de usar una u otra forma de combustible, desde el punto de vista ambiental (emisiones) costo y logística de transporte. G) en el caso de Argentina, cree conveniente construir una central de carbón? Discuta.
4. ¿Cuál es la eficiencia en la producción de energía del cultivo de maíz? Arriesgue un resultado, comparando con la eficiencia de los paneles fotovoltaicos, del 10-20%.
- a. Asuma una radiación solar promediada en el ciclo diurno y anual de 250 W/m<sup>2</sup>. ¿Cuánta energía se recibe por unidad de área en el período de crecimiento?\*
  - b. El rendimiento promedio del maíz en Argentina es de 7 ton/ha. La siembra se realiza de setiembre a noviembre y la cosecha de febrero a agosto. Consideremos que el

\*\* La radiación solar varía en el día desde cero durante la noche hasta su máximo en el mediodía solar. Además, varía día a día, con un máximo en el solsticio de verano y un mínimo en el solsticio de invierno. El dato que se presenta aquí integra toda la radiación solar recibida en un sitio en un año y la promedia incluyendo las 24 horas de los 365 días del año.

período de crecimiento es de 6 meses. Se obtienen 134 kJ por porción de 50 g (según etiqueta de producto congelado).

- c. Compare la energía solar recibida con la energía obtenida del maíz para obtener la eficiencia energética.
5. La represa Hoover tiene una potencia eléctrica de  $2 \cdot 10^9 \text{W}$ . Fue construida con  $7 \cdot 10^9 \text{kg}$  de concreto. Para producir 1 kg de concreto se utiliza 1MJ de energía.
  - a. ¿Cuánta energía se utilizó en la construcción de la represa? ¿Cuál es el tiempo de retorno energético de la represa?
  - b. El área del lago Mead, formado por la represa, es de 247 millas<sup>2</sup>. Asumiendo  $250 \text{W/m}^2$  de radiación solar sobre el lago, ¿cuánta energía produciría la misma superficie cubierta con paneles solares con una eficiencia del 12%?
  - c. Busque la historia de esta represa y sus impactos ambientales (por ej. en wikipedia, preferentemente en inglés). Ordene estos impactos según la clasificación vista en clase.
6. El Complejo Hidroeléctrico La Barrancosa-Cóndor Cliff, Santa Cruz, tendrá un costo estimado de unos 5000 Millones de dólares y generará unos 1700 MW. Suponiendo que tendrán un factor de uso comparable a la usina del Chocón (30%), con un precio de la energía de 0,10 U\$S/kwh, ¿cuánto tiempo tardará en amortizarse? A) Ignore el costo del dinero. B) Considere que el costo de la tasa de retorno o interés del capital es del 5 o 10% anual. Ver: Complejo hidroeléctrico Cepernic-Kirchner (La Barrancosa-Cóndor Cliff) en wikipedia.
7. Si se reemplazan 100 millones de lámparas incandescentes domiciliarias, por su versión LED, a un costo de unos 1 U\$S por lámparas,
  - a. ¿Cuántos MW de potencia se podría ahorrar? ¿Cómo se compara el costo del reemplazo de lámparas con el de construcción de una usina que genere la misma energía que se ahorra con el reemplazo de lámparas? Discuta las ventajas y desventajas de cada alternativa.
  - b. Para fijar ideas suponga que el parque de 100 millones de lámparas está compuesto de una mitad de lámparas incandescentes y otra mitad de bajo consumo (CFL). Consulte los consumos de las lámparas incandescentes, CFL y LED para generar la misma iluminación que una tradicional de 100 W.
8. Una persona tiene una dieta de 2000 kcal por día.
  - a. Calcule la potencia promedio en W.
  - b. En 2015, el consumo humano total de energía fue de 570 EJ. Calcule la potencia promedio. Calcule la potencia promedio per cápita.
  - c. Compare ambos resultados.
9. En el año 2002:

- a. Se estima que las reservas mundiales de carbón son de 24.000 Q (1 Q=Quad).<sup>††</sup> Exprese este valor en EJ. ¿Cuál sería la duración de estas reservas si se mantiene la actual tasa de consumo de 93 Q anuales? ¿Cuál es la potencia obtenida del carbón en TW?
- b. Las reservas mundiales de petróleo son de alrededor de 10.000 Q y su tasa de consumo es de 140 Q anuales. Repita el cálculo del punto a).
- c. Ídem. para el gas natural. Se estima que las reservas son de 7000 Q y el consumo es de 80 Q anuales. Exprese los resultados en una tabla.
- 10.** Calcule cuanta potencia puede desarrollar una persona.
- a. Con actividades manuales, por ejemplo, subir ladrillos (de 1 kg c/u) y ponerlos en un andamio a 1 m del piso. Suponga que va a realizar esta tarea al menos 8 horas por día. Calcule la potencia media en Watt y el trabajo total por mes (23 días laborables) en kWh. Si el kWh eléctrico cuesta unos 0,12 USD/kWh, cuál sería el costo de este trabajo, al precio de la electricidad?
- b. Con actividades donde usa sus pies, por ejemplo, subir y bajar escaleras. Suponga que realiza esta tarea al menos 8 horas por día. Calcule la potencia media en Watt y el trabajo total por mes (23 días laborables) en kWh. Si el kWh eléctrico cuesta unos 0,12 USD/kWh, cuál sería el costo de este trabajo, al precio de la electricidad?
- c. Calcule su potencia de pico, es decir la máxima potencia en Watt que puede desarrollar en un 1 min.
- Ayuda: Recuerde que para subir una altura  $h$ , la energía ganada es  $E=m.g.h$ , siendo  $m$  su masa en kg.  $h$  es la altura que asciende.  $P=E/dt$ ,  $dt$ = tiempo que le toma subir la altura  $h$ .
- 11.** Realice un gráfico de barra de costo de distintos combustibles, usando los valores internacionales, en USD/MWh. Puede usar los insumos indicados en la Tabla 4, del apunte El desafío energético. Asimismo, en otro gráfico, indique las emisiones de los mismos en kg(CO<sub>2</sub>)/MWh para todos ellos (o la mayoría).
- 12.** Realice un gráfico de barra de costo de distintos combustibles (nafta, gasoil, electricidad residencial), en USD/MWh para por lo menos 4 países de América Latina (incluyendo Argentina), EE.UU. y tres países de la UE.
- Ver:
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Precios\\_de\\_la\\_electricidad](https://es.wikipedia.org/wiki/Precios_de_la_electricidad),
- <http://www.olade.org/publicaciones/precios-de-la-energ%EF%BF%BDa-en-america-latina-y-el-caribe-informe-anual-marzo-2020/>,
- <https://www.bnamericas.com/es/noticias/precios-de-la-electricidad-en-latinoamerica-comparacion-de-paises> ,
- <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/64909.pdf>,
- [https://elpais.com/elpais/2013/12/17/media/1387305009\\_225956.html](https://elpais.com/elpais/2013/12/17/media/1387305009_225956.html),

<sup>††</sup>La unidad que generalmente se usa para cuantificar grandes cantidades de energía, como el consumo anual de energía mundial o de un país, en el Sistema Internacional es el Exajoule (EJ)= 10<sup>18</sup> J. Otra unidad usual para este fin es el Cuatrillón de BTU o Quad=10<sup>15</sup> BTU. Ambas unidades son muy similares ya que 1 Quad=1,055 EJ, por lo tanto, dada la incerteza de las mediciones y predicciones, podemos tomar 1 Quad≈1 EJ.

[https://es.globalpetrolprices.com/gasoline\\_prices/](https://es.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/), [https://es.globalpetrolprices.com/diesel\\_prices/](https://es.globalpetrolprices.com/diesel_prices/)

13. Usando la tabla que se indica a continuación, estime el costo de la energía en USD/MWh y USD/kWh, de las distintas baterías descritas en la tabla. Consulte el precio de los equipos en páginas como Amazon.com o similares. Con esta información complete la columna de los costos de estas baterías. A) Complete los datos de las dos últimas columnas. En el caso de baterías descartables el cálculo es directo, Costo batería/energía en kWh. En las recargables, use un valor de unos 0.12 USD/kWh para la energía de la red que las carga. B) Realice un gráfico de los costos de electricidad en USD/kWh, para 4 países analizados en el problema 9, y las distintas versiones de baterías analizados aquí. C) ¿Qué puede concluir sobre el costo de la electricidad? Sobre todo, de la electricidad que no viene de las redes. D) a veces se dice que la energía más cara es la que no se tiene, discuta el contenido de esta frase. Ver: [https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa\\_de\\_ion\\_de\\_litio](https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_ion_de_litio), [https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa\\_\(electricidad\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_(electricidad))

Baterías	Voltaje Medio (V)	mA	Costo	Energía	Costo Especifico
Tipo	Durante descarga	horas (mAh)	USD	Wh	USD/kWh
<b>Baterías AAA</b>					
Alkaline Long-life	1.23	1,150			
<b>Baterías AA</b>					
Alkaline Long-life	1.23	2,122			
carbón-zinc	1.10	591			
Nickel-Cadmio (R)	1.20	1,000			
<b>Baterías C</b>					
Alkaline Long-life	1.23	7,800			
carbón-zinc	1.10	2,172			
Nickel-Cadmio (R)	1.20	2,500			
<b>Batería D</b>					

Alkaline Long-life	1.23	17,000			
Carbón-zinc	1.10	4,733			
Nickel-Cadmio (R)	1.20	5,000			
<b>Baterías Recargables</b> (duración mil ciclos)					
Laptop for Dell (Li Ion)	7.60	7,200			
Celular Samsung Li Ion	3.70	1,300			
Lithium Ion B Pack	3.70	6,600			
Auto eléctrico (li Ion)	72	150,000			
<u>Batería de ácido-plomo</u> para automóvil.	12	1200			

### Investigue y desarrolle:

14. ¿Qué es una caldera de condensación? ¿En qué se diferencia de un calefón común? ¿Puede tener una eficiencia mayor al 100%?
15. Busque el poder calorífico superior e inferior del carbón, la nafta, el metano y el propano. Ordene la diferencia entre ambos poderes caloríficos de mayor a menor. Explique por qué resulta de esta manera.

### Ejercicios Especiales

16. Cada estudiante/grupo debe elegir **dos países** y hacer una proyección de la población a 2100.
  - a. Para cada país resumir en una carilla los datos relevantes de cada país y sus conclusiones. Siga las pautas de los informes.
  - b. Mire estos puntos de vista de los años 80's y 70's y los más recientes
    - i. **Población Mundial: Population Implosion** Darrel Bricker and John Ibbitson co-authors of, "Empty Planet: The Shock of Global Population Decline," 2019 Ballantine Books, 1971
    - ii. **Población Mundial: Population Explosion 1** Paul R. Ehrlich, The population bomb, editor
  - c. Consultar bases de datos:
    - i. Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
    - ii. (Ver Indec Mundi Estadísticas mundiales y US Department of Commerce-Bureau Economic Analysis)
    - iii. **Gapminder**: Gapminder is an educational foundation with no religious, political or economic dependencies, promoting a fact-based worldview everyone can understand.
    - iv. **Población Mundial: Datos**
17. En una carilla, resuma el concepto de dólar internacional, también llamado dólar Geary-Khamis o Parity Purchasing Power (PPP). Esta es una unidad monetaria hipotética que tiene el mismo poder

adquisitivo que el dólar estadounidense tiene en los Estados Unidos en algún lugar del mundo, en un dado momento.

- d. ¿Qué es el índice Big Mac?
  - e. ¿Qué es el PBI de un país?
18. Consultado las bases de datos de los organismos nacionales e internacionales de energía, medio ambiente y gobiernos. Ver vínculos en la pagina [www.fisicarecreativa.com/unsam\\_eya](http://www.fisicarecreativa.com/unsam_eya), construir los siguientes gráficos para al menos 30 países, incluyendo los más desarrollados, los menos desarrollados y los de situación intermedia (emergentes).
- f. PBI y Población y consumo de energía primaria en función del tiempo. (20 a 30 años).
  - g. PBI per cápita, consumo de energía primaria per cápita, electricidad per cápita como función del tiempo.
  - h. Índice de desarrollo (IDH) como función de la energía per cápita e Índice de desarrollo (IDH) como función de la energía eléctrica per cápita
  - i. Consultar Gapminder Foundation <https://www.gapminder.org/>