Formulario y chuleta

Impactos Medioambientales

Primera prueba: atmósfera, combustibles y ciclo de vida

Máster Universitario en Ingeniería de la Energía

ETSI Minas y Energía

Hugo Torres Orejudo

Noviembre 2026

Atmósfera y clima

Troposfera de 0 a 11 km, la temperatura baja y está el 80 % de la masa. Estratosfera de 11 a 50 km, la temperatura sube por el ozono que absorbe UV. Mesosfera de 50 a 90 km, baja hasta unos −90 °C. Termosfera, sube y hay auroras. Exosfera, casi constante.

El tiempo es el estado a corto plazo y local y el clima la media a largo plazo. Chorro entre 9 y 16 km a unos 300 km/h. El océano ha absorbido el 90 % del exceso de calor y el 30 % del CO_2 fósil.

Equilibrio radiativo

$$T_e = \left[\frac{S_0(1-\alpha)}{4\sigma}\right]^{1/4}$$

Con $S_0 = 1361$, $\alpha = 0{,}3$ y $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ sale −18,6 °C. La media real es 15 °C.

RF es el cambio del balance neto en la tropopausa respecto a 1750, en W/m^2. GWP es el RF integrado de un gas dividido por el del CO_2, en 100 años. Valores AR4 de 1, 25 y 298 para CO_2, CH_4 y N_2O. Niveles preindustriales de 280 ppm, 700 ppb y 270 ppb.

Emisiones

$$E = Q \cdot EC \cdot EF \cdot f_{ox}$$

Primero el volumen a masa con la densidad, luego el poder calorífico neto, y al final cada gas por su GWP.

Contaminantes

Primarios SO_2, NO, CO, hidrocarburos y partículas. Secundarios O_3, NO_2 y PAN. La emisión sale del foco y la inmisión es lo que se respira. El SO_2 depende del azufre del combustible y los NO_x de la temperatura. El N_2O es 300 veces más potente que el CO_2 y dura 170 años. PM_{10} inhalable y $PM_{2,5}$ respirable. Los COP son persistentes, bioacumulables y viajan lejos. El smog fotoquímico sale de NO_x más hidrocarburos más luz y empeora con inversión.

Muestreo isocinético en chimenea, alto volumen con impactador, borboteadores, adsorción en sólidos y dosímetros. Análisis por ionización de llama para COV, infrarrojo para CO y CO_2, absorción atómica para metales, fluorescencia para O_3 y NO_2, gravimetría para PM y espectrofotometría para SO_2.

Conversión a 25 °C y 1 atm

$$C_{\mu g/m^3} = C_{\text{ppm}} \cdot M \cdot 1000/24{,}45$$

Dispersión

$\Gamma = 0{,}98\,°\mathrm{C}$ cada 100 m. Si el aire se enfría más es inestable, si se enfría menos es estable y si se calienta hay inversión.

Deacon $U_2 = U_1\,(z_2/z_1)^{\alpha}$ con α de 0,40 urbano, 0,28 rural y 0,14 mar.

Caja

$$C_\infty = \frac{q_s L}{UH} + C_{in} \qquad C(t) = C_\infty(1 - e^{-Ut/L}) + C_0\, e^{-Ut/L}$$

Gauss en el suelo y en el eje

$$C = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u}\, e^{-H^2/(2\sigma_z^2)}$$

Combustibles

La relación H/C baja con los anillos y la aromatización. Vale 4 en el metano, cerca de 2 en cadenas y casi 0 en el grafito.

$$\frac{H}{C} = \frac{\%H}{\%C/12} \qquad \frac{O}{C} = \frac{\%O/16}{\%C/12}$$

Tipo I lacustre con H/C alto y O/C muy bajo. Tipo II marino, intermedio y con azufre. Tipo III terrestre con H/C bajo y O/C alto. Los tipos I y II dan petróleo y el III carbón y gas.

Diagénesis con microbios, sale CH_4 biogénico y baja O/C. Catagénesis con craqueo, es la ventana del petróleo y baja H/C. Metagénesis con metano termogénico hasta el grafito. Perder CO_2 baja O/C y sube H/C. Perder H_2O baja las dos.

API igual a $141{,}5/d - 131{,}5$, el agua tiene 10.

Análisis de ciclo de vida

Fases de objetivo y alcance, inventario, evaluación de impactos e interpretación. La clasificación y la caracterización son obligatorias. La normalización, la agrupación y la ponderación son opcionales. La unidad funcional fija el servicio que se compara.

Chuleta de repaso para la noche antes

Preguntas que es fácil que caigan

1. Diferencia entre RF y GWP y por qué el metano pesa 25 veces más que el CO_2.
2. Por qué sube la temperatura en la estratosfera.
3. De qué dependen el SO_2 y los NO_x y cuándo empeora el smog fotoquímico.
4. Clasificar la estabilidad con dos temperaturas y la forma de la pluma.
5. Modelo de caja estacionario y su evolución con $\tau = L/U$.
6. Van Krevelen con tipo, madurez y ventana del petróleo.
7. Diagénesis, catagénesis y metagénesis.
8. Fases del ACV, unidad funcional y caracterización.

Datos de clase

- Sin GEI unos $-18\,^{\circ}\mathrm{C}$, real $15\,^{\circ}\mathrm{C}$, Venus $477\,^{\circ}\mathrm{C}$ y Marte $-53\,^{\circ}\mathrm{C}$.
- El CO_2 ha subido un 40 % desde la época preindustrial.
- La mala calidad del aire causa 6,5 millones de muertes al año.
- España emitió 274,7 Mt de CO_2-eq en 2020.
- Manchas solares $0{,}25\,\mathrm{W/m^2}$ frente a $0{,}58\,\mathrm{W/m^2}$ acumulados.

Fallos que no hay que cometer

- En Van Krevelen se usan relaciones atómicas, hay que dividir por 12, 1 y 16.
- O/C va en el eje horizontal y H/C en el vertical.
- En emisiones se pasa de kL a L, de L a kg y de kg a t, y se usa el poder calorífico neto.
- En estabilidad se compara el enfriamiento real con 0,98 cada 100 m.
- Emisión e inmisión no son lo mismo.

Cómo contestar una pregunta corta

1. Definir en una frase.
2. Explicar por qué ocurre.
3. Poner un ejemplo de clase.
4. Decir qué consecuencia tiene o cómo se mide.