Simulacro de examen

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

En Moodle no hay exámenes de otros años, así que el formato lo hemos estimado a partir de la guía y de lo trabajado en clase. Son dos bloques que se corrigen por separado. Para hacer media hace falta un 3,5 en cada uno y con un 5 el bloque queda liberado. Las soluciones están en la página siguiente.

Bloque 1. Atmósfera (5 puntos)

1. (1 punto) Explica por qué la temperatura aumenta con la altura en la estratosfera y qué la separa de la troposfera.
2. (1 punto) Define forzamiento radiativo y potencial de calentamiento global. ¿Por qué el GWP del metano depende del horizonte temporal?
3. (1 punto) Explica qué controla las emisiones de SO_2 y de NO_x en una combustión y por qué el smog fotoquímico empeora con un anticiclón.
4. (1 punto) Una caldera industrial consume $2 \times 10^6\,\mathrm{Nm^3}$ de gas natural al año con un poder calorífico neto de $36\,\mathrm{MJ/Nm^3}$. Los factores de emisión son $56\,100\,\mathrm{kg/TJ}$ de CO_2, $1\,\mathrm{kg/TJ}$ de CH_4 y $0{,}1\,\mathrm{kg/TJ}$ de N_2O, la oxidación es completa y los GWP son 25 y 298. Calcula las emisiones en toneladas de CO_2-eq.
5. (1 punto) Al amanecer un globo sonda mide $18{,}0\,^\circ\mathrm{C}$ a $50\,\mathrm{m}$ y $19{,}2\,^\circ\mathrm{C}$ a $350\,\mathrm{m}$. Clasifica la estabilidad y explica qué le pasa a la pluma de una chimenea de $80\,\mathrm{m}$.

Bloque 2. Combustibles y ACV (5 puntos)

6. (2 puntos) Tres muestras de kerógeno dan en masa A con 82,1 % de C, 9,6 % de H y 2,9 % de O, B con 72,4, 5,1 y 13,2 y C con 85,6, 4,9 y 2,6. Calcula H/C y O/C, sitúalas en el diagrama de Van Krevelen y di su tipo, su madurez y si alguna está en la ventana del petróleo. ¿Se puede asegurar el tipo de todas?
7. (1 punto) Compara la diagénesis, la catagénesis y la metagénesis en profundidad, procesos y productos.
8. (1 punto) Enumera las fases de un ACV según la norma ISO 14040 y propón una unidad funcional para comparar dos sistemas de calefacción.
9. (1 punto) ¿Por qué un biocombustible de aceite de palma puede emitir más que el gasóleo fósil en su ciclo de vida? ¿En qué fase del ACV se ve?

Soluciones

1. La estratosfera tiene ozono, que absorbe la radiación ultravioleta y se calienta. Cuanto más arriba, más UV llega, por eso la temperatura sube de los 20 a los 50 km. La separa de la troposfera la tropopausa, a unos 11 km, donde termina el descenso de temperatura propio de la mezcla convectiva.

2. El RF es el cambio en el balance neto de energía en la tropopausa que causa un agente respecto a 1750, en $\mathrm{W/m^2}$. El GWP es el RF integrado de un pulso de un kilo del gas en un horizonte dado dividido entre el del CO_2. El metano dura unos 12 años en la atmósfera, así que su efecto integrado pesa mucho más en horizontes cortos que en 100 años.

3. El SO_2 depende del azufre que lleva el combustible. Los NO_x dependen sobre todo de la temperatura de la llama, porque a alta temperatura se oxida el N_2 del aire. En un anticiclón el aire desciende, se calienta y forma una inversión que tapa la capa de mezcla. Los precursores se acumulan y con el sol se forman ozono y PAN.

4. La energía es $2 \cdot 10^6 \cdot 36 \cdot 10^{-6} = 72$ TJ. El CO_2 es $72 \cdot 56\,100$ kg $= 4039{,}2$ t. El CH_4 son 0,072 t, que por 25 dan 1,8 t, y el N_2O 0,0072 t, que por 298 dan 2,1 t. El total es de 4043 t de CO_2-eq.

5. La temperatura sube 1,2 °C en 300 m, así que hay una inversión térmica por radiación nocturna, muy estable. La chimenea emite dentro de la inversión y la pluma apenas se mezcla en vertical. Se queda a esa altura y, cuando el sol rompe la inversión, puede bajar de golpe hasta el suelo (fumigación).

6. Las relaciones atómicas salen en la tabla 1.

Tabla 1. Relaciones atómicas de las muestras del simulacro.

Muestra	H/C	O/C	Interpretación
A	1,40	0,026	tipo I o II rico en hidrógeno, en catagénesis y dentro de la ventana del petróleo
B	0,84	0,137	tipo III, entre el final de la diagénesis y el inicio de la catagénesis, roca madre de carbón y gas
C	0,69	0,023	muy madura, al final de la catagénesis o ya en metagénesis, fuera de la ventana y en la zona de gas

El tipo de C no se puede asegurar. A esa madurez las tres bandas se juntan y H/C y O/C ya no distinguen el origen.

7. La diagénesis ocurre a pocos cientos de metros, la hacen los microorganismos y da metano biogénico, CO_2, agua y H_2S, con pérdida sobre todo de oxígeno. La catagénesis llega a varios kilómetros, con más presión y temperatura, y el craqueo térmico de las cadenas genera petróleo y gas húmedo. La metagénesis se da casi en condiciones de metamorfismo y solo produce metano termogénico mientras el residuo se aromatiza hasta el grafito.

8. Las fases son objetivo y alcance, inventario, evaluación de impactos e interpretación. Como unidad funcional proponemos suministrar 10 000 kWh de calor útil al año durante 20 años a una vivienda. Así una caldera de gas y una bomba de calor se comparan con el mismo servicio.

9. La palma se planta en turberas y selva tropical. Al deforestar y drenar esos suelos se libera el carbono almacenado, y esas emisiones superan el ahorro de no quemar gasóleo, cuya referencia es de unos 94 g de CO_2-eq por MJ. Se ve en el inventario si el alcance incluye el cambio de uso del suelo, y por eso es tan importante fijar bien los límites al definir objetivo y alcance. Después aparece en la categoría de cambio climático de la evaluación de impactos.