

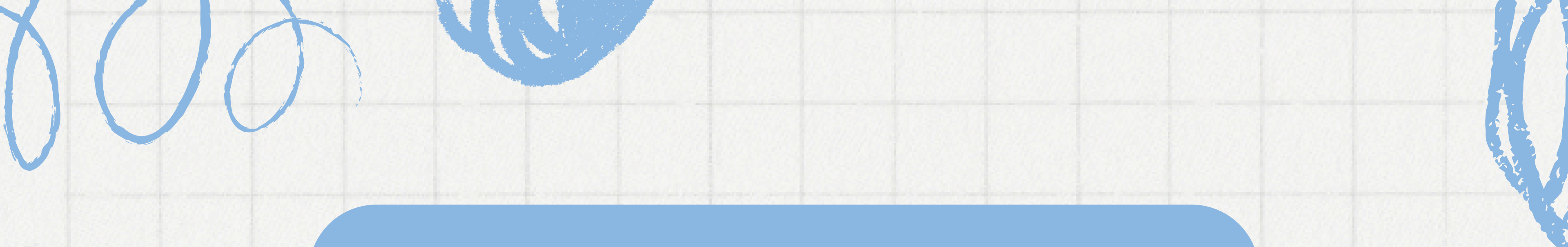
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
QUÍMICA, BIOTECNOLOGÍA  
Y MATERIALES

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Auxiliar 7

IQ3301 – Análisis de Procesos

**BE SS con reacción y BM  
intermitente**



# ***Balances de energía***



# Tipos de transferencia de energía

Motor: Diferencia de T

- Ej: Convección, radiación, conducción.

**Calor**

$Q > 0$  sistema absorbe calor  
 $Q < 0$  sistema libera calor

**Trabajo**

Motor: Fuerza externa

- Ej: Agitador, bombeo de fluidos

$W > 0$  sistema realiza trabajo  
 $W < 0$  sistema recibe trabajo

# Ecuaciones de BE

**Sin reacción química**

$$m_s(\hat{H} + \hat{E}_k + \hat{E}_p) - m_e(\hat{H} + \hat{E}_k + \hat{E}_p) = Q - W$$

**Con reacción química**

$$\Delta H_{rxn} + \Delta E_p + \Delta E_k = Q - W$$

$\gamma_i$  : Coef estequiométrico.  
Positivo para productos y  
negativo para reactantes

$$\Delta H_{rxn} = \sum_{i=1}^{Nc} \gamma_i H_i$$

Generalmente se desprecia  $E_p$  y  $E_k$



# Entalpía

$$C_p = \left( \frac{\partial \hat{H}}{\partial T} \right)_p \quad C_v = \left( \frac{\partial \hat{U}}{\partial T} \right)_v \quad \text{Son polinomios}$$

**Sin cambio de fase**

$$\Delta \hat{H}_i = \Delta \hat{H}_{fi}^0 + \int_{298}^T C_{P_i} dT \quad \rightarrow \quad \Delta \hat{H}_i = \Delta \hat{H}_{fi}^0 + \overline{C_P} (T - 298)$$

**Con cambio de fase**

$$\Delta H_i = \Delta H_{fi}^0 + \overline{C_{Pi, fase 1}} (T_{cf} - T_{Ref}) + \lambda_i + \overline{C_{Pi, fase 2}} (T_f - T_{cf})$$

$\Delta H_{fi}^0$ : calor de formación estándar de  $i$  a 25°C ( $T_{Ref}$ ) y 1 atm

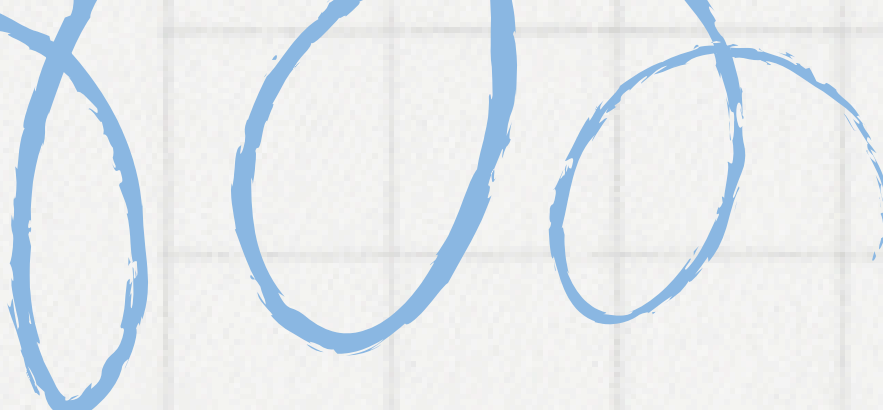
$C_{Pi}$ : calor específico o capacidad calorífica

$\lambda_i$ : calor de cambio de fase de  $i$  a la temperatura de cambio de fase (ej,  $\Delta H_{\text{fusion}}$ )

$T_{cf}$ : temperatura de cambio de fase

$T_f$ : temperatura final

$T_{Ref}$ : temperatura de referencia



# ***Balance de masa intermitente***

# Balances no estacionarios

## Balance global:

$$\frac{d\rho V}{dt} = (\rho v S)_{S1} - (\rho v S)_{S2} + b$$

## Balance por especie

$$\frac{d\rho_A V}{dt} = (\rho_A v S)_{S1} - (\rho_A v S)_{S2} + b_A + r_A V$$

$\rho$  : Densidad

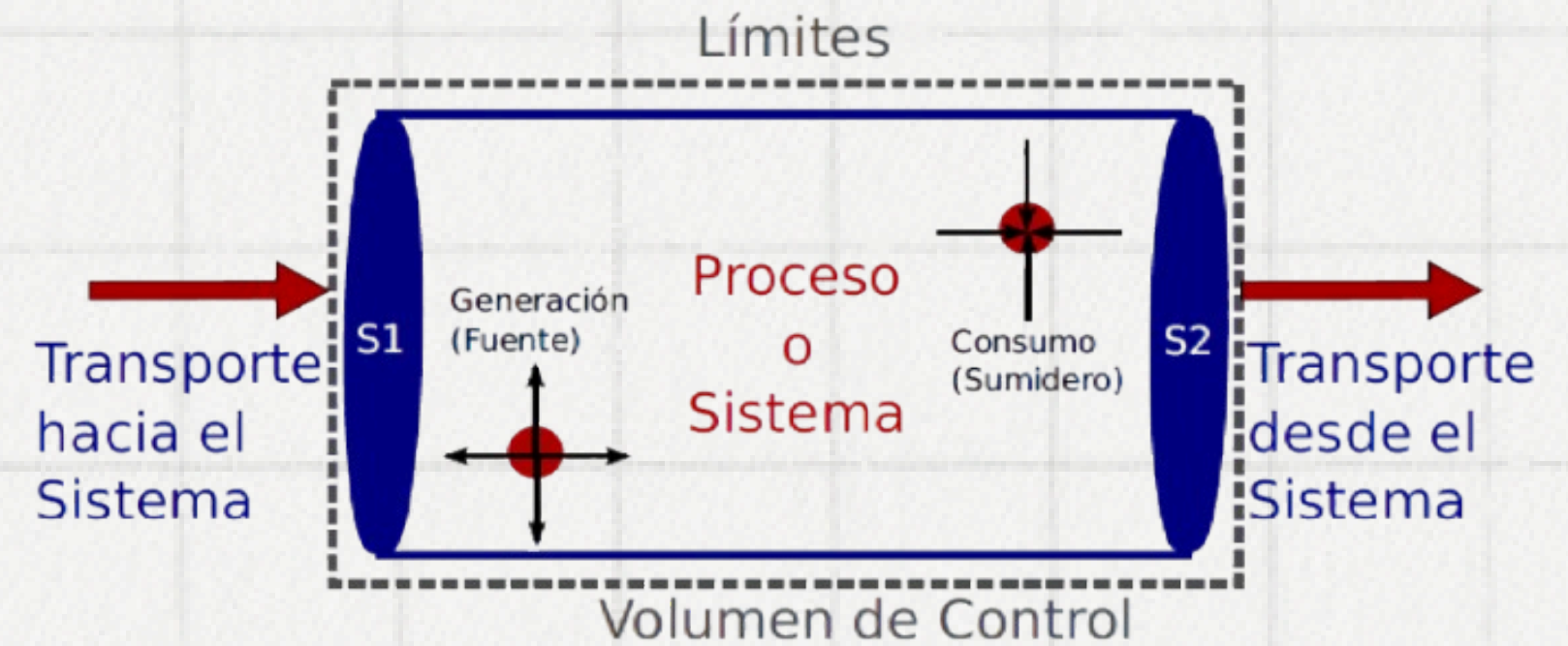
$V$  : Volumen total

$v$  : Velocidad del fluido

$S$  : Área transversal

$b$  : Flujo a través de otras superficies

$r_A$  : Velocidad de reacción



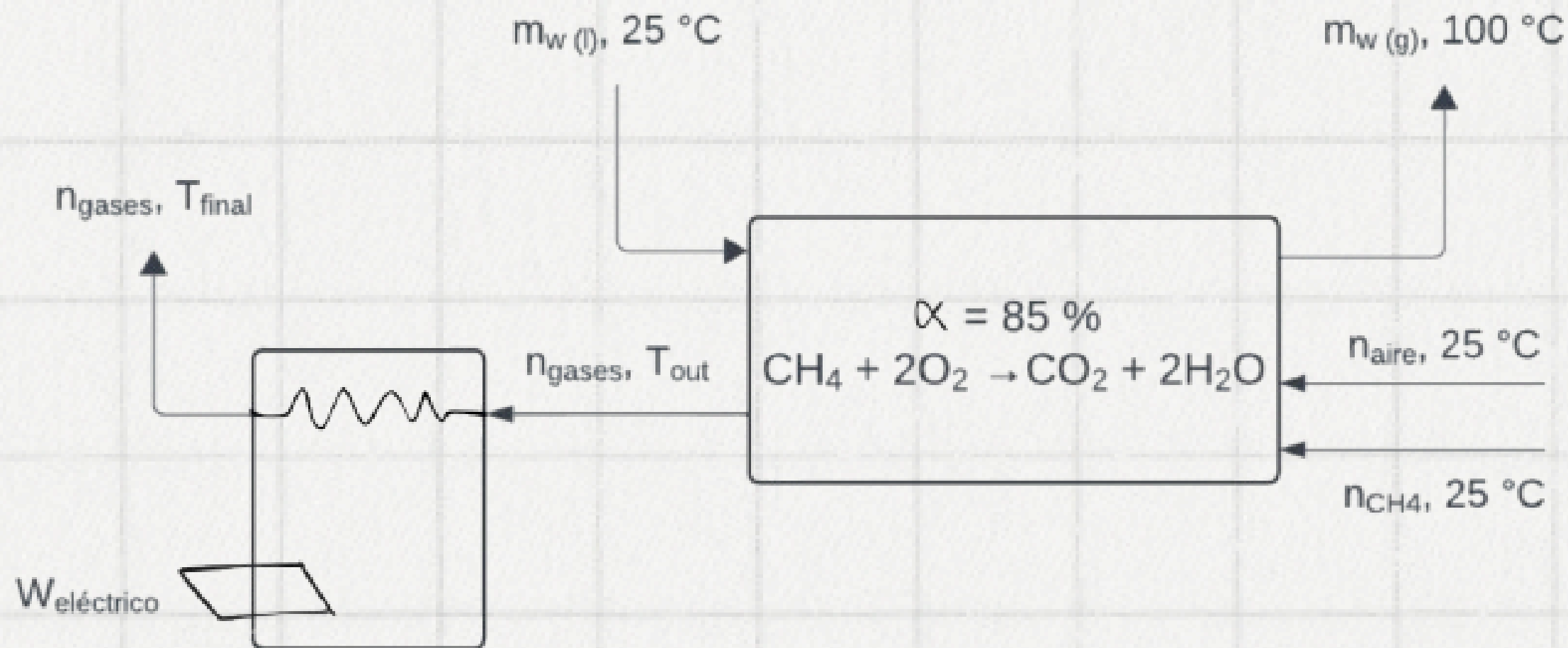
# Ejercicio



# Pregunta 1

Usted se encuentra trabajando en el área de sistemas de recuperación de calor y energía de la empresa Actuality, dedicada a la fabricación de materiales poliméricos de alto nivel. Dentro de los procesos de polimerización existen requerimientos de calor importantes, y para ello la empresa cuenta con un sistema de producción de utilidades calientes en base a una caldera y un evaporador condensador eléctrico. Este sistema busca 2 objetivos, el primero es la evaporación de un flujo de agua (420 [kg/hr]) a vapor saturado a 100 [°C], mediante la combustión de metano con aire atmosférico (según la reacción (1)). Luego, los gases de combustión que salen de la caldera a alta temperatura son enfriados por el evaporador-condensador, el cual opera mediante la aplicación de trabajo eléctrico. Considerando que todos los flujos entrantes a la caldera se encuentran a 25 [°C] y que los equipos son adiabáticos:

# Pregunta 1



| Especie                                        | $\text{CH}_4$ | $\text{O}_2$ | $\text{N}_2$ | $\text{CO}_2$ | $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ |
|------------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|----------------------------|
| $H_f^\circ (25^\circ\text{C}) [\text{kJ/mol}]$ | -74,87        | 0            | 0            | -393,5        | -285,83                    |
| $C_p (\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K}))$   | 35,64         | 29,38        | 29,12        | 37,13         | 75,35                      |

# Pregunta 1

- a) (1.0 pt)** Determine el calor otorgado por la caldera al flujo de agua de servicio, considerando que la entalpía de vaporización del agua es de 40,65 [kJ/mol]. Este se denomina calor útil.
- b) (3.5 pt)** Considerando que la reacción ocurre a los 25 [C°], que el flujo de metano es de 2 [kmol/hr], el exceso de oxígeno alimentado es del 30 % y la caldera tiene una conversión del 85 %, calcule la temperatura a la que salen los gases de combustión.
- c) (1.5 pt)** Determine el trabajo eléctrico aplicado por la resistencia si el flujo de gases de combustión baja su temperatura un 50 %.



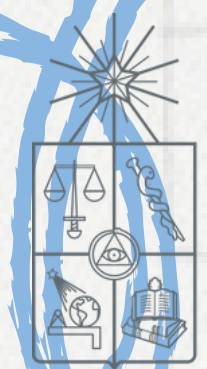
# Pregunta 2

Usted lleva ya varias semanas trabajando en el área de operaciones de la empresa, y debido a que debe llegar muy temprano a la planta ha aumentado su ingesta de café y decide analizarlo. Se sabe que un adulto promedio con más de 100 mg de cafeína en el cuerpo tiene dificultades para conciliar el sueño. La cafeína es eliminada del cuerpo a una tasa dependiente del tiempo  $t$ ,  $rd = -5 \cdot t$  [mg/h].

**a) (3.0)** Si el café que usted prepara contiene 1 mg/cc de cafeína. Tras beber el primer tazón de café de 300 cc, ¿Cuánto tiempo tomará su cuerpo reducir la cafeína a 100 mg?.

**b) (3.0)** Si usted llegara a consumir café en forma continua desde las 6:00 AM hasta las 6:00 PM a una tasa de 60 cc de café/h, determine la concentración de cafeína en su organismo a las 10:00 PM, que es la hora en que se acuesta. ¿Podrá dormir?





**fcfm**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
QUÍMICA, BIOTECNOLOGÍA  
Y MATERIALES

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Auxiliar 7

IQ3301 – Análisis de Procesos

**BE SS con reacción y BM  
intermitente**