

## Semana 12 (26/11/2020)

### Problemas (tema 4)

#### Problema 4.3 – Examen Final 2017/18:

En la Figura 1 se representa el diagrama de un motor cohete de propulsante líquido, de ciclo presurizado (tipo *pressure-fed*) y monopropulsante, cuyas actuaciones se pretende estudiar.

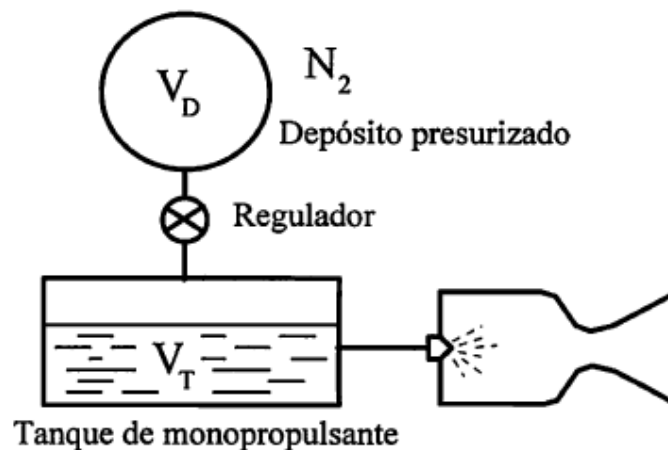


Figura 1 – diagrama del ciclo presurizado

El gas de presurización empleado, inicialmente contenido todo él dentro del depósito presurizado, es nitrógeno molecular ( $\gamma = 1,4$ ), y se considera que la descarga del depósito es lo suficientemente lenta como para poder considerar todo el proceso como **isotermo**. El volumen del depósito de  $N_2$  es  $V_D = 2 \text{ l}$ , siendo su presión inicial  $P_{D0} = 100 \text{ bar}$ .

El tanque, inicialmente lleno de monopropulsante ( $\rho_l = 1020 \text{ kg/m}^3$ ), tiene un volumen  $V_T = 10 \text{ l}$ , y está conectado al depósito presurizado por medio de un regulador, cuya presión nominal de salida es  $P_{\text{reg}} = 20 \text{ bar}$ , y cuya caída de presión mínima puede despreciarse frente a la presión del depósito en todo momento ( $\Delta P_{\text{mín}} \ll P_D$ ), por lo que puede considerarse que el motor se comporta como un ciclo de tipo *blow-down* a partir del instante en que la presión del depósito cae por debajo de la nominal de salida del regulador.

El sistema de inyección de la cámara de combustión tiene un área efectiva de paso  $C_D \cdot A_{\text{iny}} = 4 \text{ mm}^2$ , y se considerará por simplicidad que los productos de la combustión se comportan como un gas ideal de  $\gamma = 1,2$  y que la cámara de combustión tiene una longitud característica suficiente como para que se alcancen siempre condiciones de equilibrio químico a su salida, por lo que  $c^* = 1300 \text{ m/s}$  se puede considerar constante en todo momento.

El motor, que opera siempre en vacío, expande los gases de salida en una tobera con una relación de áreas  $\varepsilon = 50:1$  y con un área de garganta  $A_g = 1 \text{ cm}^2$ .

Siendo  $t'$  el instante en que la presión del depósito se iguala a la nominal de salida del regulador, se pide:

1. Calcular el volumen que ocupa el gas dentro del tanque  $V_{g,t'}$  en dicho instante  $t'$  en el que la presión del depósito se iguala a la nominal de salida del regulador. **(1 punto)**
2. Calcular el calor total  $q_{0t'}$  que ha absorbido el gas de presurización, en el proceso entre los instantes inicial y  $t'$ . **(1 punto)**
3. Calcular, en el instante  $t'$ , el gasto másico nominal de propulsante  $\dot{m}_{\text{nom}}$ , y la presión nominal de cámara  $P_{C,\text{nom}}$  con la que opera el motor. **(1 punto)**
4. Calcular, también en el instante  $t'$ , el empuje nominal  $E_{\text{nom}}$  y el impulso específico nominal  $I_{sp,\text{nom}}$  que proporciona dicho motor. **(1 punto)**
5. Calcular la presión del gas  $P_{g,t_b}$  en el instante  $t_b$  en el que el gas de presurización ocupa la totalidad del volumen del tanque. **(1 punto)**
6. Calcular el calor total  $q_{t't_b}$  que ha absorbido el gas de presurización, en el proceso entre los instantes  $t'$  y  $t_b$ . **(1 punto)**
7. Calcular, en el instante  $t_b$ , el gasto másico final de propulsante  $\dot{m}_{\text{fin}}$ , y la presión final de cámara  $P_{C,\text{fin}}$  con la que opera el motor. **(1 punto)**
8. Calcular, también en el instante  $t_b$ , el empuje final  $E_{\text{fin}}$  y el impulso específico final  $I_{sp,\text{fin}}$  que proporciona dicho motor. **(1 punto)**
9. Calcular el incremento de velocidad total  $\Delta V$  que el motor cohete considerado comunicaría a un satélite de masa inicial  $M_{\text{sat0}} = 100$  kg, o desarrollar (en caso de no ser integrable) la ecuación que nos permitiría obtenerlo numéricamente. **(1 punto)**
10. Calcular los instantes  $t'$  y  $t_b$ , o desarrollar (en caso de no ser integrables) las ecuaciones que nos permitirían obtenerlos numéricamente. **(1 punto)**