

**WUOLAH**



aerofoxi

[www.wuolah.com/student/aerofoxi](http://www.wuolah.com/student/aerofoxi)

192

## **MCh tema2.pdf**

Teoría MCh 1º Parcial



**4º Motores Cohete**



**Grado en Ingeniería Aeroespacial**



**Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio  
Universidad Politécnica de Madrid**



**Descarga la APP de Wuolah.  
Ya disponible para el móvil y la tablet.**

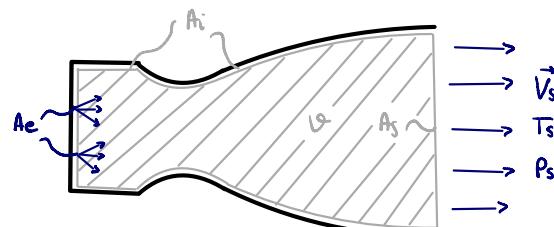


## 1. DEFINICIÓN DE EMPUJE

**Empuje:** Resultante de las fuerzas de presión referidas a la presión ambiente y a las fuerzas de fricción que el propelente ejerce sobre las caras internas del motor.

• 1º expresión matemática:  $\vec{E} = - \int_{A_i + A_e} (- (P - P_a) \vec{I} + \vec{\gamma}') \cdot \vec{n} \cdot dA$  (I)

• Ec. de Continuidad:  $\int_{A_e} f \cdot (\vec{V}_e \cdot \vec{n}) dA + \int_{A_s} f_s (\vec{V}_s \cdot \vec{n}) dA = 0$



• Ec. de Cantidad de Movimiento:

$$\int_{A_s} f_s \cdot \vec{V}_s (\vec{V}_s \cdot \vec{n}) dA + \int_{A_s} (P_s - P_a) \cdot \vec{n} \cdot dA = \int_{A_i + A_e} (- (P - P_a) \vec{I} + \vec{\gamma}') \cdot \vec{n} \cdot dA$$

$\vec{E}$  (II)

• 2º expresión matemática:  $\vec{E} = - \int_{A_s} f_s \cdot \vec{V}_s (\vec{V}_s \cdot \vec{n}) dA - \int_{A_s} (P_s - P_a) \cdot \vec{n} \cdot dA$

dir. de la velocidad      dir. de la normal

└ bajo esas hipótesis:  $E = m \cdot V_s + A_s (P_s - P_a)$

HIPÓTESIS:

•  $\int P_a \vec{n} \cdot dA = 0$

•  $\int_{A_e} f \cdot \vec{V}_r (\vec{V}_r \cdot \vec{n}) dA \ll \int_{A_s} f_s (\vec{V}_s \cdot \vec{n}) dA$

•  $\int \vec{\gamma}' \cdot \vec{n} dA \ll \int_{A_s} f_s (\vec{V}_s \cdot \vec{n}) dA$

• Ec. de la Energía:

$$\int_{A_e + A_i + A_s} f \left( h + \frac{1}{2} V_r^2 \right) (\vec{V}_r \cdot \vec{n}) dA = - \int_{A_i} \vec{q} \cdot \vec{n} dA \quad \text{dónde} \quad \int_{A_i} \vec{q} \cdot \vec{n} dA = \dot{Q}_{\text{loss}}$$

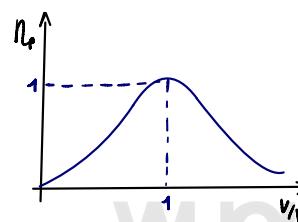
$$N_q \cdot \dot{Q}_{\text{frente}} = m \cdot \left( \bar{h}_s(T_s) - \bar{h}_e(T_e) \right) + \frac{1}{2} m \cdot V_s^2 + \dot{Q}_{\text{loss}}$$

↑ calor frente      ↑ calor emitido al exterior      ↑ trabajo abierto      ↑ calentamiento motor

→ Rendimiento motor:  $\eta_m = \frac{m \cdot V_s^2}{2 \cdot \dot{Q}_{\text{frente}}}$

→ Rendimiento Propulsivo:  $\eta_p = \frac{E \cdot V}{\frac{1}{2} m \cdot V_s^2 + \frac{1}{2} m \cdot V^2}$  ④

④: POTENCIA MECÁNICA TOTAL



**NOTA:** El rendimiento propulsivo es 1 cuando la velocidad del vehículo es la misma que la de salida de la tubería ya que este compara la energía utilizada en desplazar al vehículo con la energía utilizada en mover al propelente. En ese instante ( $V=V_s$ ) el propelente en ejes fijos no se desplaza.

# ENCENDER TU LLAMA CUESTA MUY POCO



→ Expresión Vectorial del Empuje:

$$\vec{E} = - \left( \int_{A_S} f \vec{V}_S (\vec{V}_S \cdot \vec{n}) dA + \int_{A_S} (P_S - P_A) \vec{n} dA \right) = - \dot{m} \langle V_S \rangle - \langle A_S \rangle \langle (P_S) \vec{n}_S - P_A \vec{n}_A \rangle$$

↑ ↑ ↑  
Valores promedio

$$\bullet \dot{m} = \int_{A_S} f \vec{V}_S (\vec{V}_S \cdot \vec{n}) dA \quad \bullet \langle V_S \rangle = \frac{1}{\dot{m}} \int_{A_S} \vec{V}_S \cdot (\vec{V}_S \cdot \vec{n}) dA \quad \bullet \langle A_S \rangle \vec{n}_S = \int_{A_S} \vec{n} dA \quad \bullet \langle P_S \rangle \vec{n}_S = \frac{1}{\langle A_S \rangle} \int_{A_S} P_S \cdot \vec{n} dA$$

→ Expresión Escalar del Empuje:

$$E = \dot{m} \langle V_S \rangle + \langle (P_S) - P_A \rangle A_S$$

$$\bullet \dot{m} = \int_{A_S} f (\vec{V}_S \cdot \vec{n}) dA \quad \bullet \langle P_S \rangle = \frac{1}{A_S} \int_{A_S} P_S dA \quad \bullet \langle V_S \rangle = \frac{1}{\dot{m}} \int_{A_S} f \vec{V}_S (\vec{V}_S \cdot \vec{n}) dA$$

Aproximación usual para un motor:

$$E_{ideal, t=0} = \dot{m} \cdot V_S + (P_S - P_A) \cdot A_S$$

dónde

$$\begin{cases} \langle V_S \rangle = \lambda V_S, \lambda \leq 1 \\ \langle P_S \rangle \sim P_S \end{cases}$$

## 2. IMPULSO ESPECÍFICO

Variable intensiva directamente relacionada con las actuaciones del motor. A mayor impulso específico mayor empuje empleando la misma cantidad de propelente. Inverso del consumo específico y cuya unidad es [m/s].

$$I_{sp} = \frac{E}{\dot{m}} \quad \bullet \text{ también } I = \frac{E}{\dot{m} g_0} \left[ \frac{1}{s} \right] \text{ con } I = \frac{I_{sp}}{g_0}$$

→ Impulso volumétrico:  $I^0 = \frac{\cancel{\dot{m}} E}{\dot{m}}$  → densidad del propulsante

$$\rightarrow \underline{\text{otras ecuaciones:}} \quad I_{sp} = V_S + \frac{(P_S - P_A) \cdot A_S}{\dot{m}} = V_S \left( 1 + \frac{(1 - \frac{P_A}{P_S})}{\gamma \cdot M_S^2} \right)$$