

Nombre y apellido: .....  
AÑO: 2024

**Problema N°1:**

Calcular las secciones de una tobera para una expansión isoentrópica de vapor. Condición inicial del vapor:  $p_0 = 20$  (ata);  $t_0 = 300$  (°C);  $C_0 = 40$  (m/s);  $G_s = 0,5$  (kg/s);  $p_c = 3$  (ata) . Representar gráficamente C, F y v en función de p.

**Problema N°2:**

Indicar en el diagrama i-s (TV-29) el cambio de estado por un choque de compresión recto en la sección en donde la presión es de  $p = 6$  (ata), por medio de las curvas de Fanno y de Rayleigh considerando los mismos valores iniciales de  $p_0$  ,  $t_0$  ,  $C_0$  y  $G_s$ .

- a) Determinar la presión después del choque.
- b) Determinar el aumento de entropía.
- c) Determinar la contrapresión que dio origen al choque.

Ing. Juárez, Javier Alejandro – Profesor Adjunto  
Ing. Marchese, Augusto Ricardo – Jefe de Trabajos Prácticos  
Ing. Pastorino, Luis Esteban – Jefe de Trabajos Prácticos

## Guía de trabajo práctico

### Problema N°1:

1- Determinar las condiciones iniciales del fluido con presión, temperatura y volumen específico (de tabla, diagrama o aplicación). Analizar el ST de una tobera según el tipo de escurrecimiento (ver 2).

2 – Establecer el tipo de escurrecimiento (esto es: subcrítico o supercrítico): comparamos la presión final con la presión inicial y analizamos dicho valor según el valor crítico (consultado teoría 4B):

- Para vapor Sobrecalentado:  $p_k = 0,547 \cdot p_0$  ;  $\kappa = 1,30$
- Para vapor saturado:  $p_k = 0,577 \cdot p_0$  ;  $\kappa = 1,13$
- Para aire seco:  $p_k = 0,547 \cdot p_0$  ;  $\kappa = 1,41$
- Para gases ideales:  $p_k = 0,564 \cdot p_0$  ;  $\kappa = 1.2$

$G_s = (C_k \cdot F_{min}) / v_k$  y en forma general:  $G_s = (C \cdot F) / v$

- Para vapor Sobrecalentado:  $G_s = 209 \cdot F_{MIN} \cdot \mu \cdot \sqrt{(P_0/V_0)}$
- Para vapor saturado:  $G_s = 199 \cdot F_{MIN} \cdot \mu \cdot \sqrt{(P_0/V_0)}$
- Para aire seco:  $G_s = 215 \cdot F_{MIN} \cdot \mu \cdot \sqrt{(P_0/V_0)}$
- Para gas ideal:  $G_s = 203 \cdot F_{MIN} \cdot \mu \cdot \sqrt{(P_0/V_0)}$

Con sección mínima expresada en (m<sup>2</sup>),  $G_s$  (kg/s),  $p_0$  (ata) y  $v$  (m<sup>3</sup>/kg).

3 – Elaboración de tabla con los valores característicos de presión, temperatura, entalpía, volumen específico, velocidad  $C$ , sección  $F$  para saltos de 1 (ata). A continuación, elaborar el gráfico solicitado. Para los puntos correspondientes a vapor húmedo, determinar adicionalmente el título del vapor.

### Problema N°2:

Introducción: si sube la contrapresión  $p_c$ , se introduce una onda de presión. El escurrecimiento del fluido (en este caso supercrítico) se encuentra con dicha onda elevando la presión del fluido y provocando un comportamiento distinto en la tobera (pasa a trabajar como difusor).

Para comprender el problema, el punto de partida será la representación de la situación en un diagrama de Mollier (esquemático).

1 – Planteo de las ecuaciones de Fanno y Rayleigh a partir del primer principio:

$$i_0 + \frac{C_0^2}{2} = i_1 + \frac{C_1^2}{2}$$

$$i_0 + \frac{C_0^2}{2} - \frac{C_1^2}{2} = i_1$$

Luego por continuidad sabemos:  $G_s = (C \cdot F)/v$  y reemplazando obtenemos:

$(i_0 + \frac{C_0^2}{2}) - (\frac{G}{F})^2 \cdot \frac{v^2}{2} = i$  (eliminamos el subíndice 1 para trabajar en forma genérica esta expresión). Para trazar la curva de Fanno basta con graficar entonces una curva de  $i = f(v)$  tomando el intervalo de  $v$  de: 0,10 a 0,35 ( $m^3/kg$ ).

La ecuación para trazar la curva de Rayleigh:  $(p - p_A) = (\frac{G}{F})^2 \cdot (v_A - v)$ ; con "A" denotamos a la sección correspondiente al valor de presión definido en el problema para la última sección en la cual la tobera tiene el comportamiento esperado. Procedemos a trazar la curva tomando la variación de presión para distintos  $v$  empleando similar intervalo como para Fanno.

2 - Trazadas ambas curvas, se debe verificar el punto de inicio del choque de compresión en el valor de  $p = 6$  (ata) y el punto final con el correspondiente aumento de entropía y la presión final luego del choque.

3 – Finalmente para encontrar la contrapresión que dio origen al choque de compresión podemos utilizar el diagrama conceptual que hicimos al principio para comprender la situación de la tobera trabajando como difusor y luego emplear las curvas de Fanno ya que las mismas siguen siendo válidas. Recordar que la tobera es un dispositivo en el que el fluido modifica su densidad de flujo sección a sección por lo que para este punto en particular encontraremos la presión solicitada con la intersección de la curva de Fanno para la sección de salida (es suficiente trazar la parte superior de esta curva tomando la densidad de flujo correspondiente, y encontrando los puntos de  $i = f(v)$  como hicimos anteriormente) y el proceso de "compresión" reversible correspondiente; luego determinamos gráficamente el valor de  $p_c$ .

