

	Manual de prácticas de hidráulica de máquinas y transitorios	Código	MADO-28
		Versión	03
		Página	1/6
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

GOLPE DE ARIETE

Práctica 4

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Alexis López Montes, Dr. José A. Bonilla Porras, et al.	Ing. Víctor M. Palma Valderrama	Ing. Jesús Gallegos Silva	1 de agosto de 2022

	Manual de prácticas de hidráulica de máquinas y transitorios		Código	MADO-28
			Versión	03
			Página	2/6
			Sección ISO	8.3
			Fecha de emisión	1 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica		
La impresión de este documento es una copia no controlada				

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Sala de modelos	Caída en las rejillas

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo general

Observar e identificar la ocurrencia de un fenómeno transitorio en un conducto a presión.

II. Objetivo específico

Obtener la sobrepresión máxima, generada por el cierre de una válvula, en un conducto a presión mediante el método de las cadenas de Allievi.

3. Introducción y antecedentes

- Flujo transitorio en conductos a presión
- Teoría del golpe de ariete
- Celeridad y periodo de una onda de presión
- Clasificación de maniobras de válvula
- Ecuaciones de las cadenas de Allievi

4. Material y equipo

- Modelo tubería-tanque (G-02)
- Flexómetro
- Limnómetro de gancho (LMG-10-TUBERÍA)

	Manual de prácticas de hidráulica de máquinas y transitorios		Código	MADO-28
			Versión	03
			Página	3/6
			Sección ISO	8.3
			Fecha de emisión	1 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica		
La impresión de este documento es una copia no controlada				

5. Desarrollo

Actividad 1

En la instalación de conductos a presión (tubería de cobre con válvula de esfera):

1. Establecer un nivel, $H = 1\text{ m}$, sobre el eje de la tubería en el tanque, figura 1.

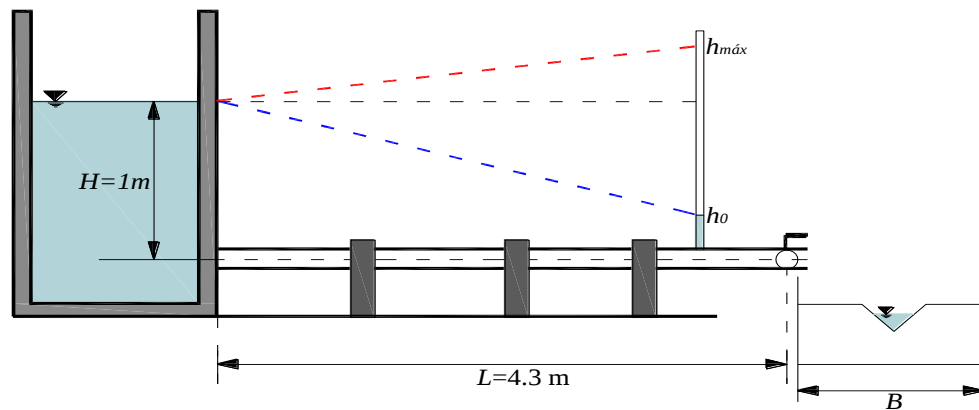


Figura 1. Tubería a presión con válvula de esfera.

2. Medir el nivel de cresta N_C , en el vertedor triangular, en m, con el limnómetro de gancho.

$$N_C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$$

3. Abrir completamente la válvula de esfera, purgar el último piezómetro y medir la carga de presión h_0 .

$$h_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$$

4. Cerrar la válvula de esfera y medir la carga de presión máxima $h_{m\acute{a}x}$, en m, que alcanza el agua en el piezómetro.

$$h_{m\acute{a}x} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$$

5. Medir el nivel de la superficie libre del agua N_{SA} , en m, en el vertedor triangular.

$$N_{SA} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$$

6. Realizar y explicar una maniobra de apertura.

	Manual de prácticas de hidráulica de máquinas y transitorios	Código	MADO-28
		Versión	03
		Página	4/6
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Obtención de la sobrepresión máxima, generada por el cierre de una válvula, en un conducto a presión, mediante el método de las cadenas de Allievi.

1. Calcular el gasto Q , en m^3/s , en el vertedor triangular.

$$Q = Ch^{5/2}$$

$$C = \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \mu K$$

Donde:

- h carga sobre la cresta del vertedor, en m, $h = N_{SA} - N_C$
- C coeficiente de descarga del vertedor, en $\text{m}^{1/2}/\text{s}$
- g aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2
- θ ángulo en el vértice del vertedor triangular, 45°
- μ coeficiente de gasto, $\mu = 0.61$
- K coeficiente adimensional, $K = 1$

2. Obtener la celeridad c , en m/s , de la onda de presión en la tubería.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho \left(\frac{1}{E_0} + \frac{D}{E_m e} \right)}}$$

Donde:

- ρ densidad del agua, $1,000 \text{ kg/m}^3$
- E_0 módulo de elasticidad del agua, $2.2 \times 10^9 \text{ Pa}$
- E_m módulo de elasticidad de la tubería, $119 \times 10^9 \text{ Pa}$
- D diámetro de la tubería, 0.064 m
- e espesor de la tubería, 0.002 m

3. Determinar el período T , en s, de la onda de presión y la relación θ del tiempo.

$$T = \frac{2L}{c} \quad ; \quad \theta = \frac{t_c}{T}$$

	Manual de prácticas de hidráulica de máquinas y transitorios	Código	MADO-28
		Versión	03
		Página	5/6
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

donde:

- L longitud de tubería, de la válvula de esfera al tanque de carga constante, 4.3 en m
- t_c tiempo de la maniobra de cierre, 1 s
- θ número de períodos que dura la maniobra, adimensional

4. Obtener la constante de Allievi, ε .

$$\varepsilon = \frac{cV_0}{2gh_0} \quad \text{si} \quad V_0 = \frac{Q}{A}$$

Donde:

- V_0 velocidad del flujo permanente en la tubería, en m/s
- A área hidráulica de la tubería, en m^2 , $D = 0.064\text{m}$

5. Calcular la carga de presión H_i y la sobrepresión ΔH_i , en m, mediante las cadenas de Allievi.

$$H_i = h_0 \zeta_i^2 \quad \text{ec.1}$$

$$\Delta H_i = H_i - h_0 \quad \text{ec.2}$$

$$\zeta_i = -\varepsilon \tau_i + \sqrt{(\varepsilon \tau_i)^2 + 2(1 + \varepsilon \tau_{i-1} \zeta_{i-1}) - \zeta_{i-1}^2} \quad \text{ec.3}$$

$$\tau_i = 1 - \frac{i}{\theta} \quad \text{ec.4}$$

Donde:

- ζ_i relación de cargas según la ley de cierre. Para la condición inicial $\zeta_0 = 1$.
- τ ley de cierre lineal, ver figura 2
- t_i instante de cálculo igual a iT , en s
- i condición final del instante de cálculo
- $i-1$ condición inicial del instante de cálculo

	Manual de prácticas de hidráulica de máquinas y transitorios	Código	MADO-28
		Versión	03
		Página	6/6
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Dibujar la curva de la carga de presión, $t - H$ (figura 3).

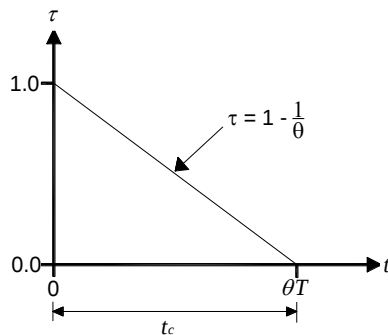


Figura 2. Ley de cierre lineal

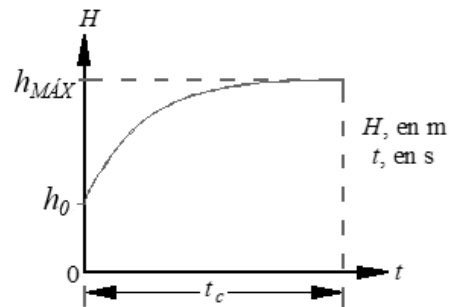


Figura 3. Gráfica t-H

7. Calcular la sobrepresión máxima medida $\Delta H_{m\acute{a}x}$, en m, con las cargas medidas en el piezómetro. Comparar los resultados obtenidos con los resultados del inciso 5 y determinar el porcentaje de error.

$$\Delta H_{m\acute{a}x} = h_{m\acute{a}x} - h_0$$

7. Conclusiones

8. Referencias bibliográficas

1. MATAIX C. *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Editorial Harla, México. (1990).
2. CAFAGGI F. A., RODAL C. E. A., SÁNCHEZ H. A. *Sistemas de Bombeo*, Facultad de Ingeniería, UNAM. (2011).
3. GARDEA V. H. *Aprovechamientos Hidráulicos y de Bombeo*, Editorial Trillas, México. (1992).
4. SOTELO A. G. *Hidráulica General Vol.1* Editorial Limusa, México. (1990).