

Control de Procesos Mineros e Industriales

Clase 04: Modelos de Procesos Reales - II

Ricardo-Franco Mendoza-Garcia
rmendozag@uta.cl

Escuela Universitaria de Ingeniería Mecánica
Universidad de Tarapacá
Arica, Chile

April 4, 2013



Outline

- 1 **Introducción**
- 2 **Modelos de sistemas de fluidos**
- 3 **Modelos de sistemas térmicos**
- 4 **Bibliografía**



Modelos

- Necesidad: Entender y predecir el comportamiento de sistemas.



Modelos

- Necesidad: Entender y predecir el comportamiento de sistemas.



sistema mecánico

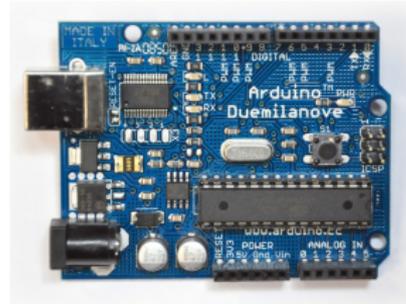


Modelos

- Necesidad: Entender y predecir el comportamiento de sistemas.



sistema mecánico



sistema electrónico

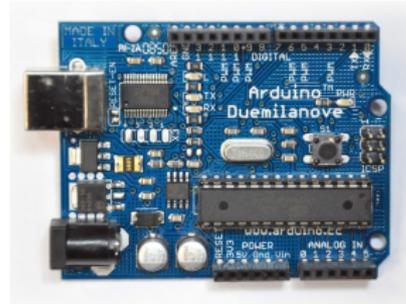


Modelos

- Necesidad: Entender y predecir el comportamiento de sistemas.



sistema mecánico



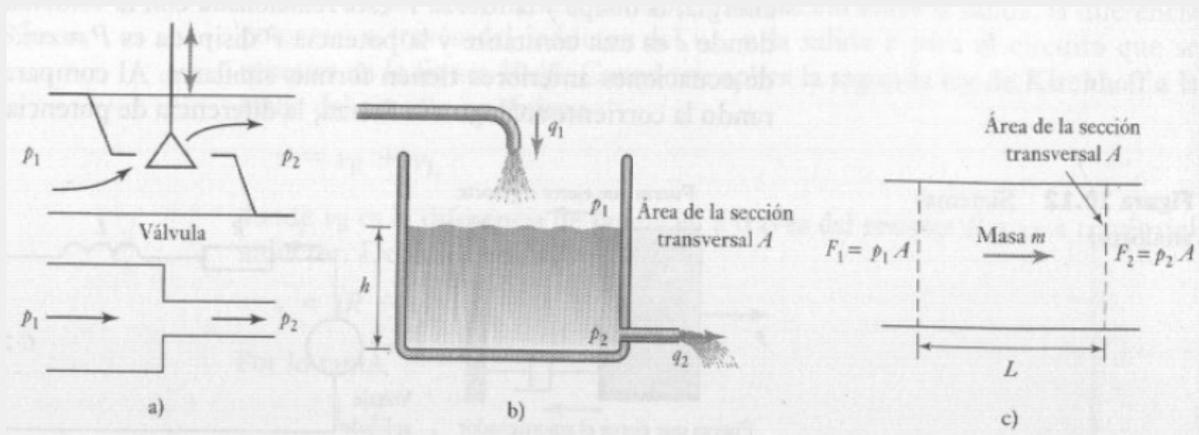
sistema electrónico



sistema fluidoico



Bloques funcionales de sistemas de fluidos



a) Resistencia

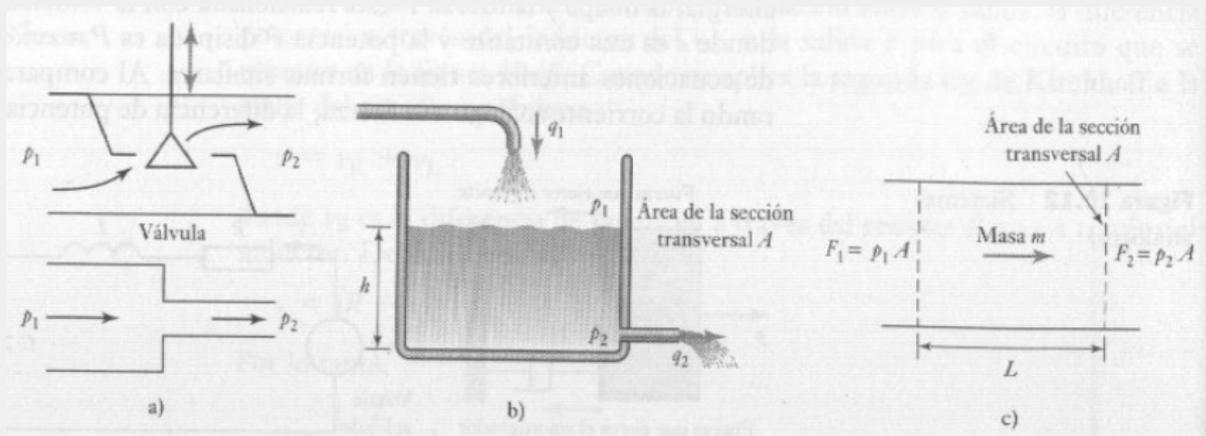
b) Capacitancia

c) Inertancia

Pueden ser hidráulicos (no-compresibles) o neumáticos (compresibles)



Bloques funcionales de sistemas de fluidos



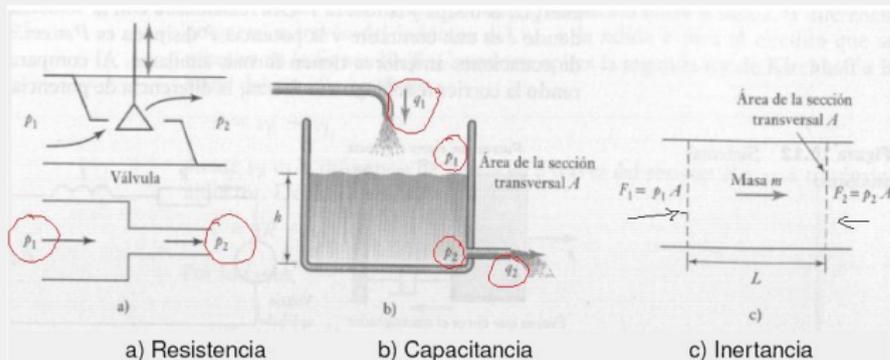
a) Resistencia

b) Capacitancia

c) Inertancia



Bloques funcionales de sistemas de fluidos



$$q \Rightarrow \frac{m^3}{s}$$

$$v \Rightarrow \frac{m}{s}$$

$$\boxed{q = A \cdot \vec{v}}$$

$$\boxed{P_1 - P_2 = R \cdot q}$$

$$q_1 - q_2 = \frac{dV}{dt} \rightarrow A \cdot h$$

$$q_1 - q_2 = A \frac{dh}{dt} \rightarrow \frac{P}{\rho \cdot g}$$

$$q_1 - q_2 = \frac{A}{\rho \cdot g} \frac{dP}{dt}$$

$$\boxed{q_1 - q_2 = C \cdot \frac{dP}{dt}}$$

$$F_1 - F_2 = m \frac{dv}{dt}$$

$$A \cdot (P_1 - P_2) = m \cdot \frac{d\left(\frac{q}{A}\right)}{dt} = \frac{m}{A} \cdot \frac{dq}{dt}$$

$$A(P_1 - P_2) = \rho L \frac{dq}{dt}$$

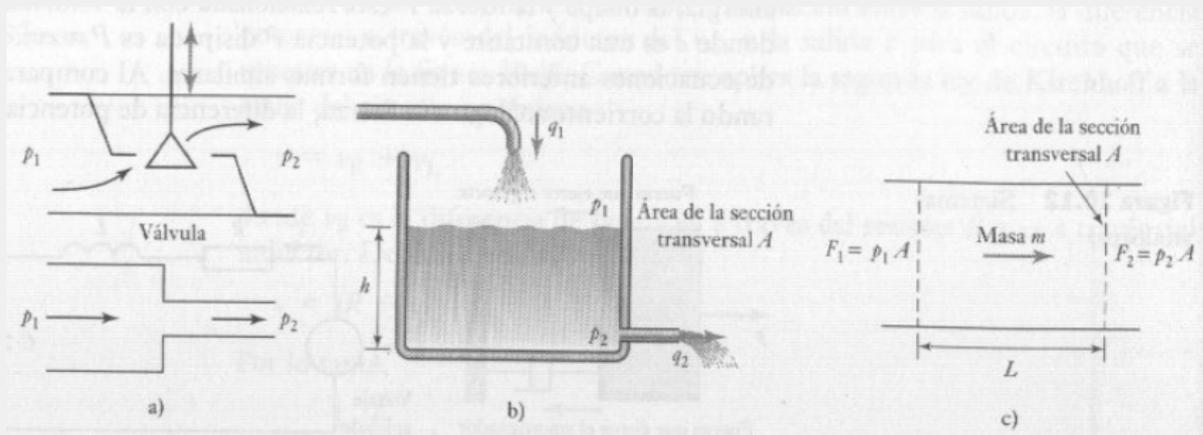
$$\boxed{P_1 - P_2 = \frac{\rho L}{A} \cdot \frac{dq}{dt} = I \frac{dq}{dt}}$$

I

$$V = A \cdot L$$

$$m = \rho \cdot V$$

Bloques funcionales de sistemas de fluidos



a) Resistencia

b) Capacitancia

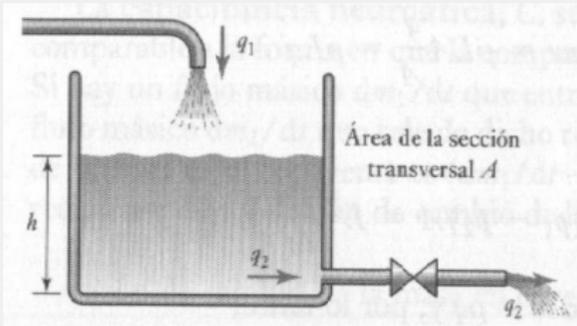
c) Inertancia

- Resistencia hidráulica: $p_1 - p_2 = Rq$
- Capacitancia hidráulica: $q_1 - q_2 = C \frac{dp}{dt}$ con $C = \frac{A}{\rho g}$
- Inercia hidráulica: $p_1 - p_2 = I \frac{dq}{dt}$ con $I = \frac{L\rho}{A}$

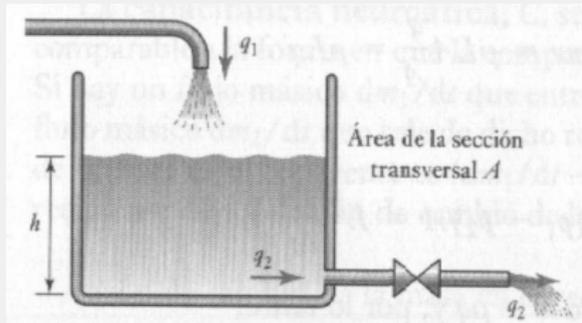


Modelado de sistemas de fluidos - I

Relación entrada - salida?



Modelado de sistemas de fluidos - I



Relación entrada - salida?

$$P = R \cdot q_2$$

$$q_1 - q_2 = c \cdot \frac{dP}{dt}$$

$$q_1 - \frac{P}{R} = \frac{A}{\rho g} \frac{d(\rho g h)}{dt}$$

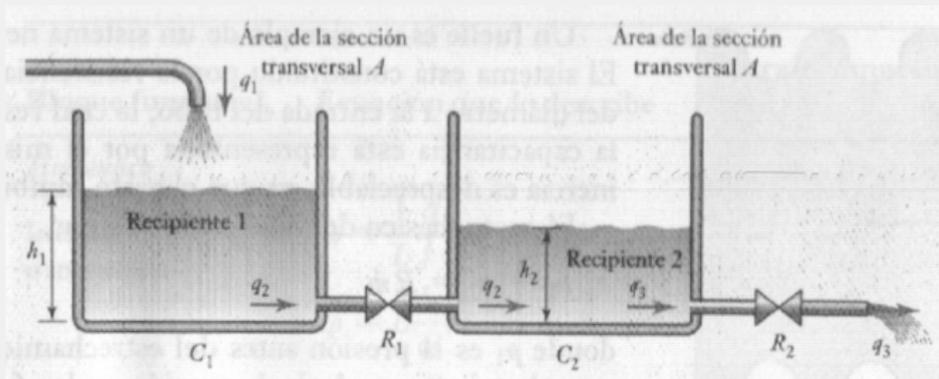
$$q_1 - \frac{P}{R} = A \frac{dh}{dt}$$

$$q_1 - \frac{\rho g h}{R} = A \frac{dh}{dt}$$

$$q_1 = \frac{\rho g h}{R} + A \cdot \frac{dh}{dt}$$



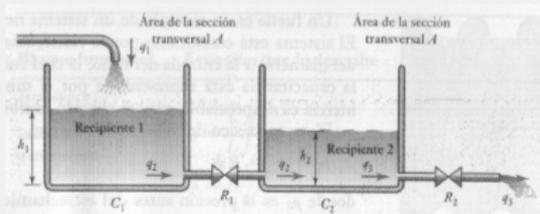
Modelado de sistemas de fluidos - III



Relación entrada - salida?



Modelado de sistemas de fluidos - III



$$q_1 - q_2 = \frac{dV_1}{dt} \quad A \cdot h$$

$$q_1 - q_2 = A \frac{dh_1}{dt}$$

$$q_1 = A \frac{dh_1}{dt} + q_2$$

1st h₁ h₂

$$P_2 - P_3 = R_1 q_2$$

$$\rho g (h_1 - h_2) = P_1 q_2$$

$$= \frac{\rho g (h_1 - h_2)}{R_1}$$

$$q_2 = \frac{A dh_2}{dt}$$

$$\frac{q_2}{2} = A \frac{dh_2}{dt} + q_3$$

$$P_3 = P_2 q_3$$

$$q_3 = \frac{P_3}{R_2} = \frac{\rho g h_2}{R_2}$$

$$(1) \quad q_1 - A \frac{dh_1}{dt} + \frac{\rho g (h_1 - h_2)}{R_1}$$

$$q_2 = A \frac{dh_2}{dt} + \frac{\rho g h_2}{R_2}$$

$$(2) \quad \frac{\rho g (h_1 - h_2)}{R_1} = A \frac{dh_2}{dt} + \frac{\rho g h_2}{R_2}$$



Bloques funcionales de sistemas térmicos

- Resistencia térmica
- Capacitancia térmica



Bloques funcionales de sistemas térmicos

- Resistencia térmica
- Capacitancia térmica

$$q = \frac{(T_2 - T_1)}{R}$$

$$R = \frac{L}{A \cdot K}$$

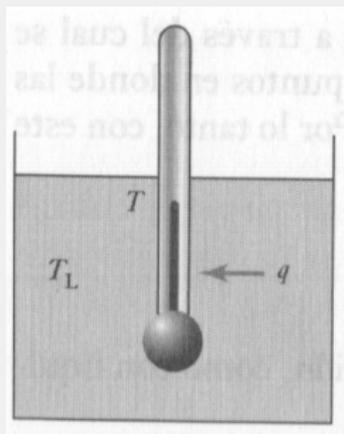
calor específico

$$q_1 - q_2 = m \cdot C \frac{dT}{dt}$$

e



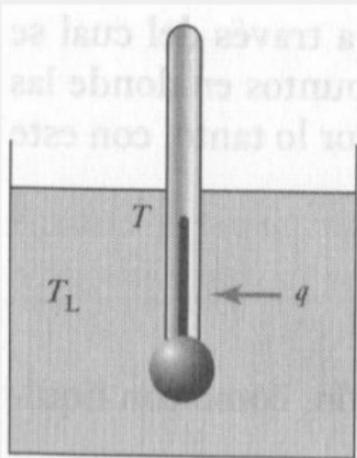
Modelado de sistemas térmicos - I



Relación entrada - salida?



Modelado de sistemas térmicos - I



Relación entrada - salida?

$$q = \frac{T_L - T}{R}$$

$$q_1 - q_2 = C \cdot \frac{dT}{dt}$$

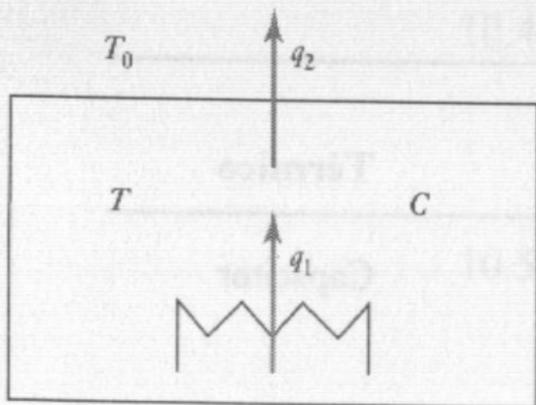
$$q^* = C \cdot \frac{dT}{dt}$$

$$\frac{T_L - T}{R} = C \cdot \frac{dT}{dt}$$

$$R \cdot C \frac{dT}{dt} + T = T_L$$



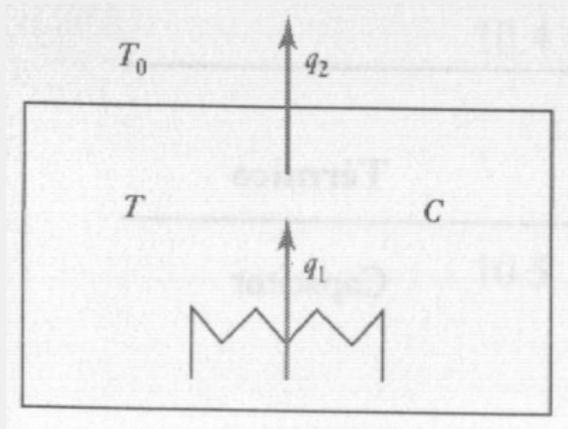
Modelado de sistemas térmicos - II



Relación entrada - salida?



Modelado de sistemas térmicos - II



Relación entrada - salida?

 T_0, q_1, C, R T, q_2

Resistencia

$$q = \frac{T - T_0}{R}$$

Capacidad

 $q_1 - q_2$

$$q_2 = q_1 - C \frac{dT}{dt}$$

$$RC \frac{dT}{dt} + T = R q_1 + T_0$$

$$q_2 = \frac{T - T_0}{R}$$

$$\frac{T - T_0}{R} = q_1 - C \frac{dT}{dt}$$

$$T - T_0 = R q_1 - RC \frac{dT}{dt}$$

$$C \frac{dT}{dt} = R q_1 + T_0 - T$$



Bibliografía

- Bolton, W., 2010, *Mecatrónica; Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*, 4th edition, Alfaomega, **Chapt.10**.

