



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MISIONES



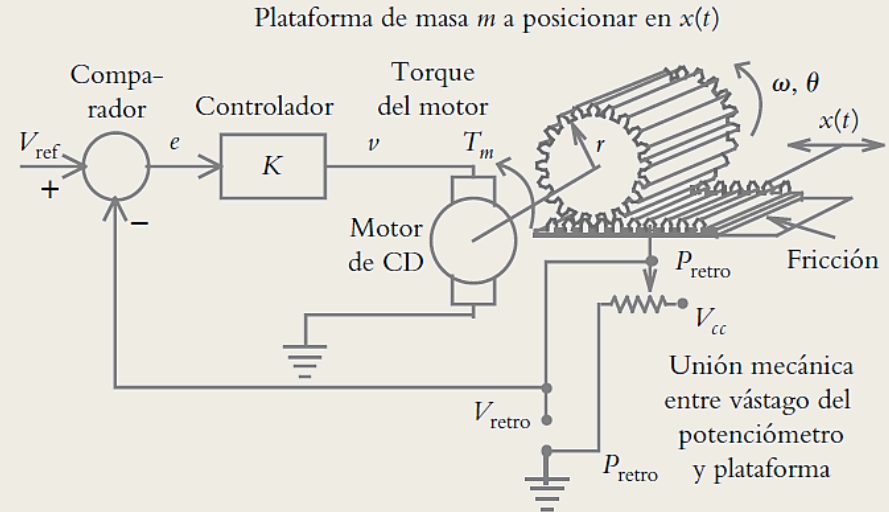
FACULTAD
DE INGENIERÍA
UNaM

SISTEMAS DE CONTROL AÑO 2025

Ingeniería Mecatrónica

MODELO DE SISTEMAS FISICOS

Uno de los aspectos más importantes de la ingeniería es poder representar un fenómeno físico en forma matemática, ya que así es posible llevar a cabo un análisis cuantitativo del sistema y determinar sus características, su comportamiento y sus limitaciones; además, en dado caso, también será posible buscar alternativas para mejorar el funcionamiento del sistema.



SISTEMA ELÉCTRICO

ED tomando la corriente

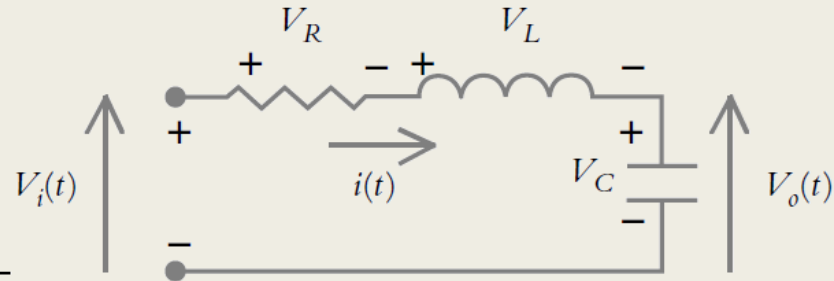
$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int_0^t i(u) du = v_i(t)$$

FT:

$$G(s) = \frac{I(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{Ls + R + \frac{1}{sC}} \frac{1/s}{1/s} = \frac{s}{Ls^2 + Rs + \frac{1}{C}}$$

Respecto a la carga:

$$G(s) = \frac{Q(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{Ls^2 + Rs + \frac{1}{C}}$$



SISTEMA MASA-RESORTE-AMORTIGUADOR

ED's

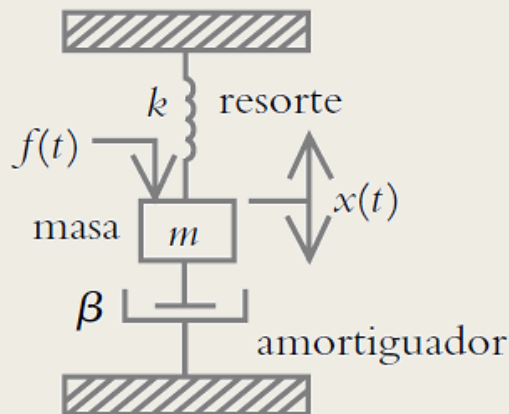
$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \beta \frac{dx}{dt} + kx = f(t)$$

$$m \frac{dv}{dt} + \beta v + k \int_0^t v(u) du = f(t)$$

FT's:

$$G(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + \beta s + k}$$

$$G(s) = \frac{V(s)}{F(s)} = \frac{s}{ms^2 + \beta s + k}$$



SISTEMA MECÁNICO DE ROTACIÓN

ED's

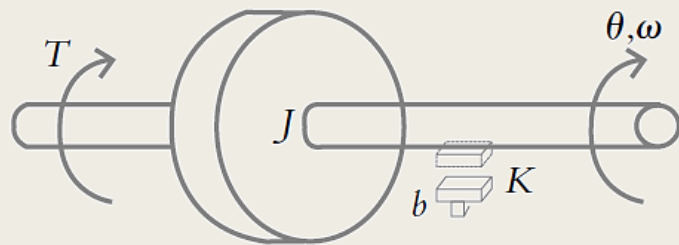
$$J \frac{d^2 \theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} + k\theta = \tau(t)$$

$$J \frac{d\omega}{dt} + b \omega + K \int_0^t \omega(u) du = \tau(t)$$

FT's:

$$G(s) = \frac{\Theta(s)}{T(s)} = \frac{1}{J s^2 + b s + K}$$

$$G(s) = \frac{\Omega(s)}{T(s)} = \frac{s}{J s^2 + b s + K}$$



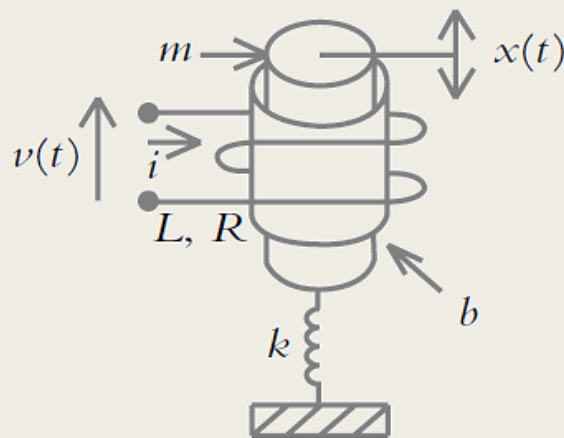
SISTEMAS HÍBRIDOS

ED's

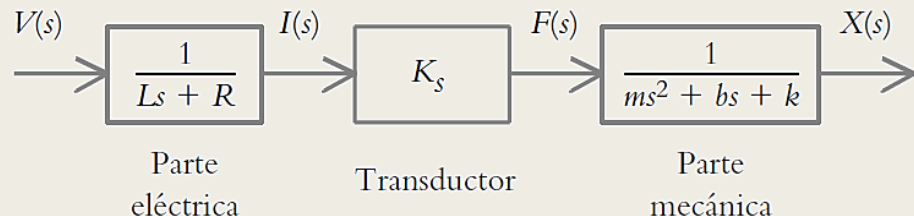
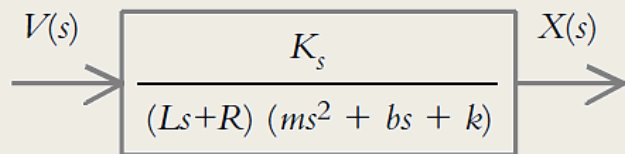
$$L \frac{di}{dt} + R i = v(t)$$

$$f_s = K_s i$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + k x = f(t)$$



FT's:



SISTEMAS TÉRMICOS

ED's

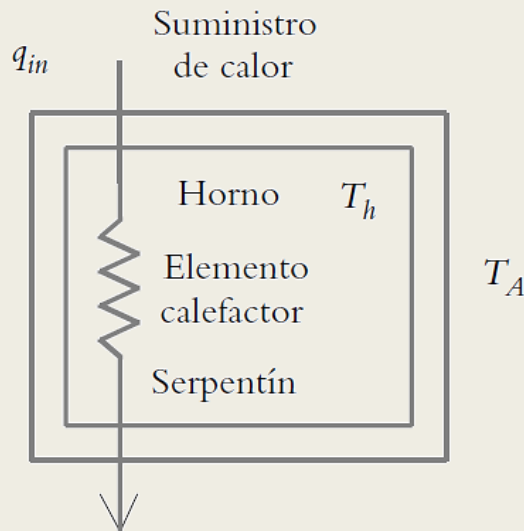
$$C \frac{dT}{dt} + \frac{1}{R} T = q_{in}$$

$$T = T_h - T_A$$

$$R = \frac{T_h - T_A}{q_p}$$

FT's:

$$G(s) = \frac{T(s)}{Q_{in}(s)} = \frac{1/C}{s + 1/RC}$$



q_{in} = Flujo de entrada de energía calorífica (Kcal).

q_h = Energía calorífica empleada para calentar al horno (Kcal).

q_p = Energía calorífica perdida (Kcal).

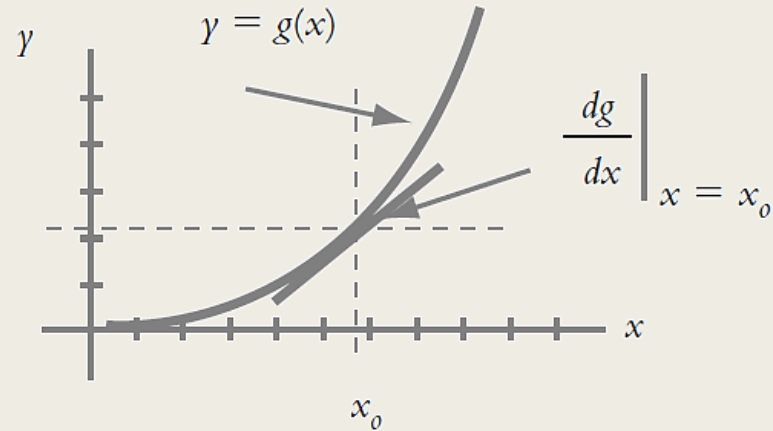
T_h = Temperatura del horno (°C).

T_A = Temperatura del medio ambiente (°C).

LINEALIZACIÓN DE SISTEMAS NO LINEALES

Desde un punto de vista general, muy pocos sistemas reales son estrictamente lineales.

Para el proceso de linealización tomaremos un punto de operación por el cual aproximaremos la ED mediante la herramienta que nos ofrece Taylor.



LINEALIZACIÓN DE SISTEMAS NO LINEALES

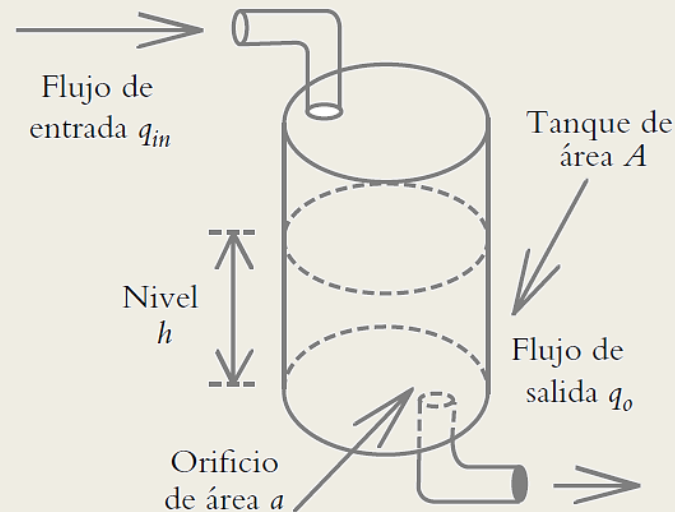
Veamos un ejemplo:

$$A \frac{dh}{dt} = q_i - a C_q \sqrt{2gh}$$

$$q_o \approx q(h_o) + \left. \frac{dq}{dh} \right|_{h=h_o} (h - h_o)$$

$$\frac{dq_o}{dh} = \frac{1}{2} K h^{-1/2} \Big|_{h=h_o} = \frac{K}{2\sqrt{h_o}} = \frac{1}{R_h}$$

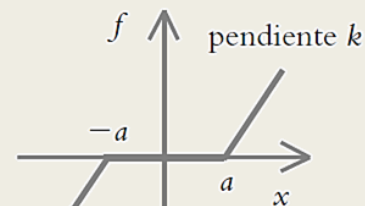
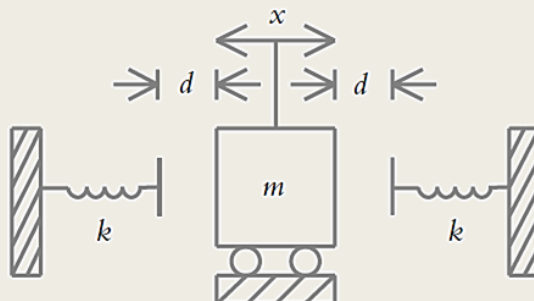
$$A \frac{dh}{dt} + \frac{1}{R} (h - h_o) = q_i - q(h_o) \quad A \frac{dH}{dt} + \frac{1}{R} H = Q$$



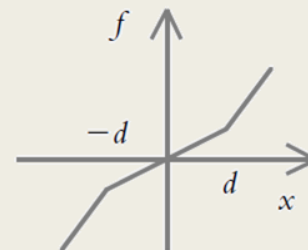
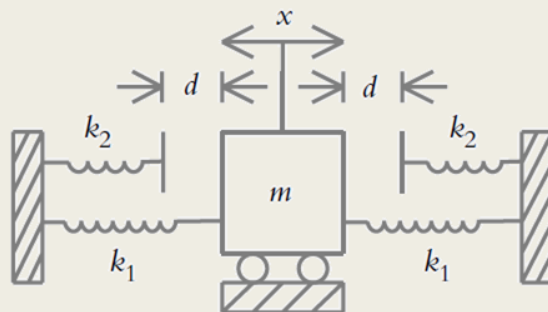
$$G(s) = \frac{H(s)}{Q(s)} = \frac{1/A}{s + 1/AR}$$

TIPOS DE NO LINEALIDADES

Zona muerta

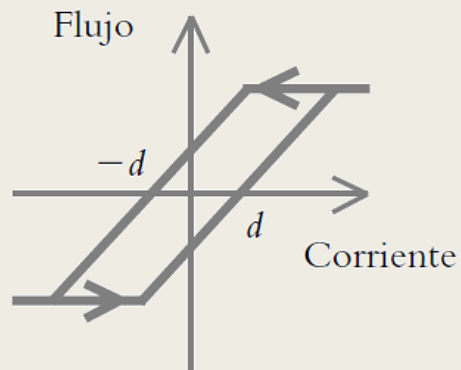


Topes elásticos

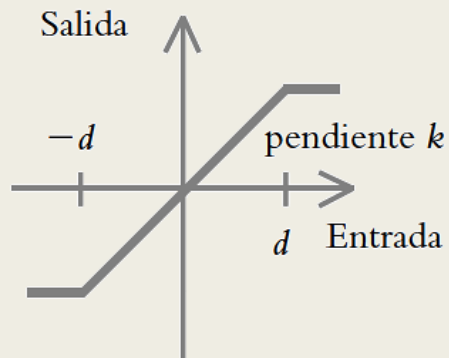


TIPOS DE NO LINEALIDADES

Histéresis



Saturación



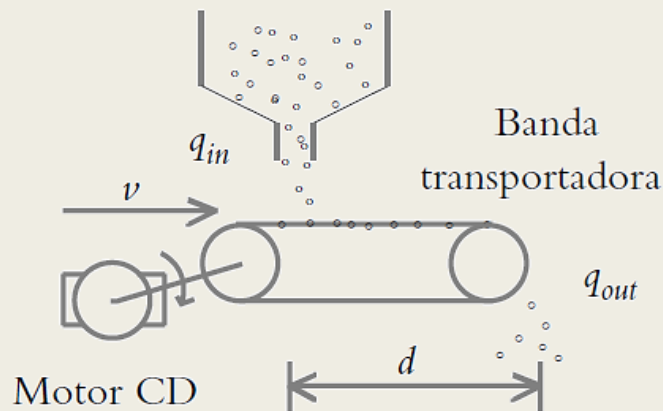
ATRASO DE TIEMPO (APROXIMACIÓN DE PADÉ)

$$G(s) = e^{-sT}$$

Mc Laurin nos ofrece la
solución:

$$e^{-sT} = \frac{1}{e^{sT}} = \frac{1}{1 + sT + \frac{(sT)^2}{2!} + \frac{(sT)^3}{3!} + \dots}$$

$$e^{-sT} \approx \frac{1}{1 + sT} \quad e^{-sT} \approx \frac{1}{1 + sT + \frac{(sT)^2}{2!}}$$



Muchas Gracias

Bibliografía:

- ❖ Introducción a los sistemas de control-Hernandez Gaviño
- ❖ Ingeniería de control moderna-Katsuhiko Ogata