

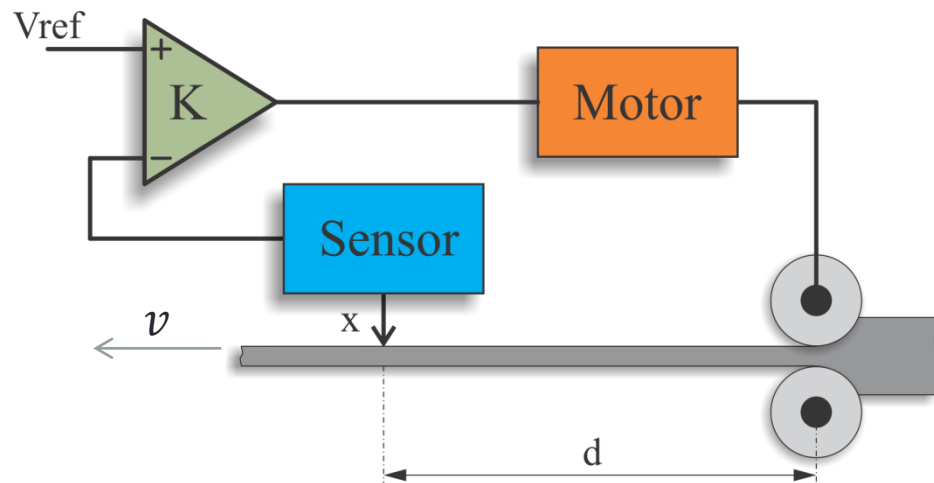
# ESTABILIDAD DE SISTEMAS REALIMENTADOS

---

Resolución: ejercicio 3\_5

# Estabilidad de sistemas

La figura muestra, en esquema, un sistema para reducir el espesor de determinadas placas de acero.



$$G(s) = \frac{10e^{-sT}}{s(s+4)}$$

$$H(s) = 1$$

Una tensión proporcional al grosor deseado de la placa es la entrada de referencia y otra proporcional al valor real del grosor es realimentada.

La señal de error convenientemente amplificada activa un motor que posiciona la herramienta de corte. Un determinado tiempo  $T$ [seg.] transcurre antes que el grosor sea detectado al alcanzar este el punto de medición.

a) Si la placa de acero se mueve a una velocidad de  $0.1 \text{ m/s}$ ., halle la máxima distancia ' $d$ ' que mantiene estable al sistema.

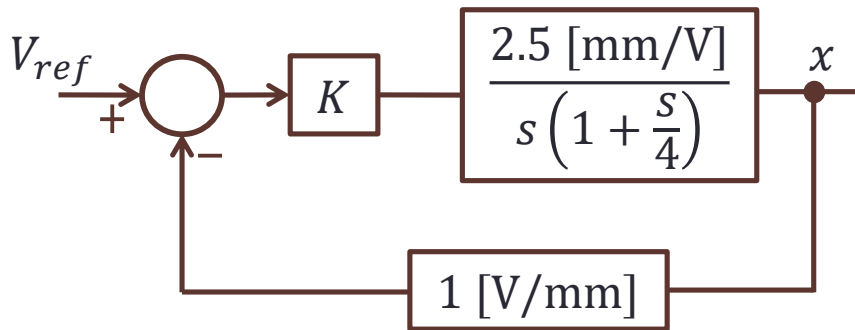
b) Si  $d = 0.8d_{max}$ . Y la referencia cambia en forma de escalón de modo de reducir el espesor en  $1 \text{ mm}$ , grafique el perfil del corte a partir del cambio producido en la referencia.

# Estabilidad de sistemas

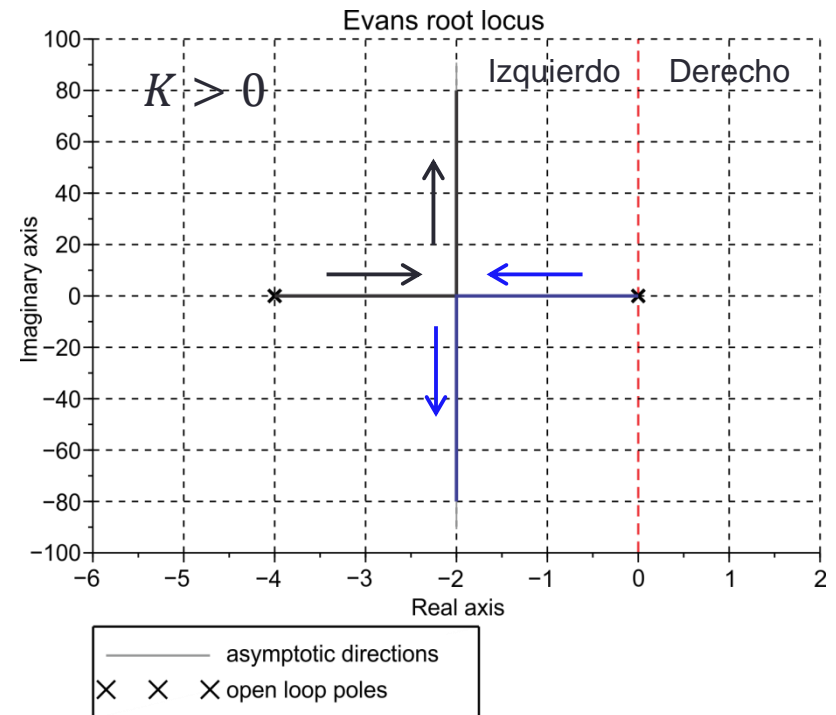
## Análisis del sistema sin retardo

Sensor bien cercano al actuador

### Diagrama de bloques



El sistema es estable para cualquier valor de ganancia positiva



# Estabilidad de sistemas

## Análisis del sistema sin retardo

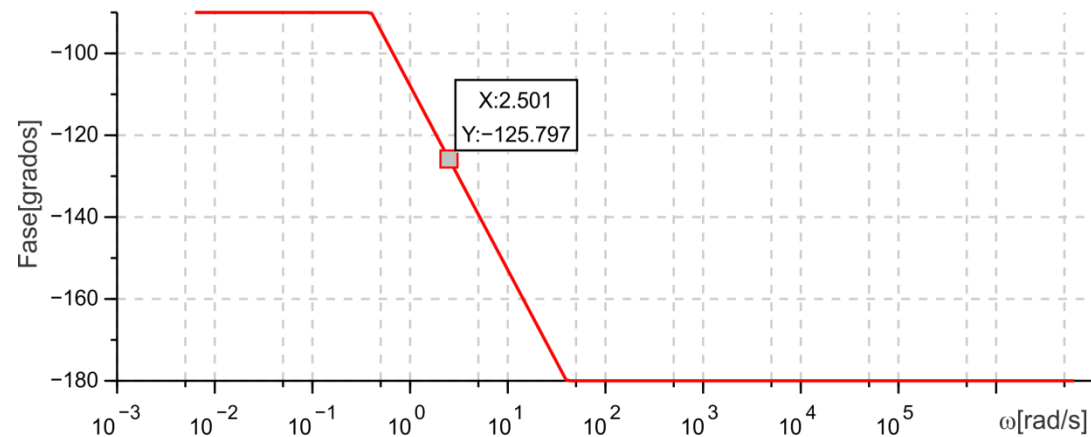
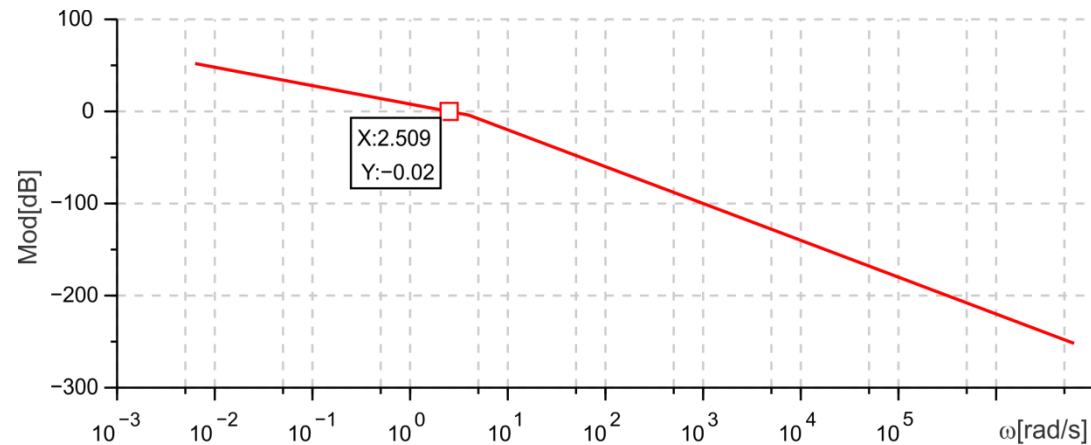
$$GH(s) = \frac{2.5}{s \left(1 + \frac{s}{4}\right)}$$

### Margen de fase

$$MP \approx 54^\circ$$

Sistema estable

### Diagrama de Bode



# Estabilidad de sistemas

## Análisis del sistema sin retardo

¿Qué representa la respuesta en escalón?

¿Qué representa el tiempo transitorio de 2 seg?

Estimación del desperdicio

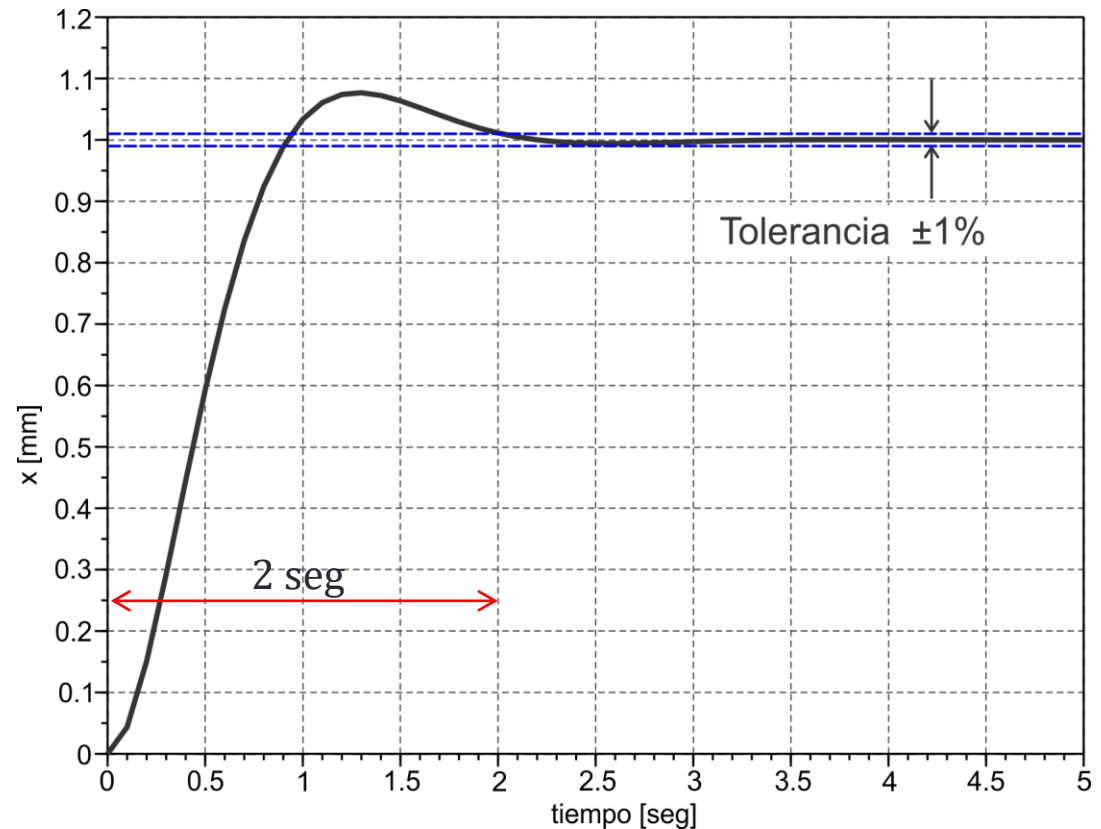
$$l = v \cdot 2 \text{ s}$$

$$v = 0.1 \text{ m/s}$$



$$l = 0.2 \text{ m}$$

Respuesta al escalón con  $K=1$

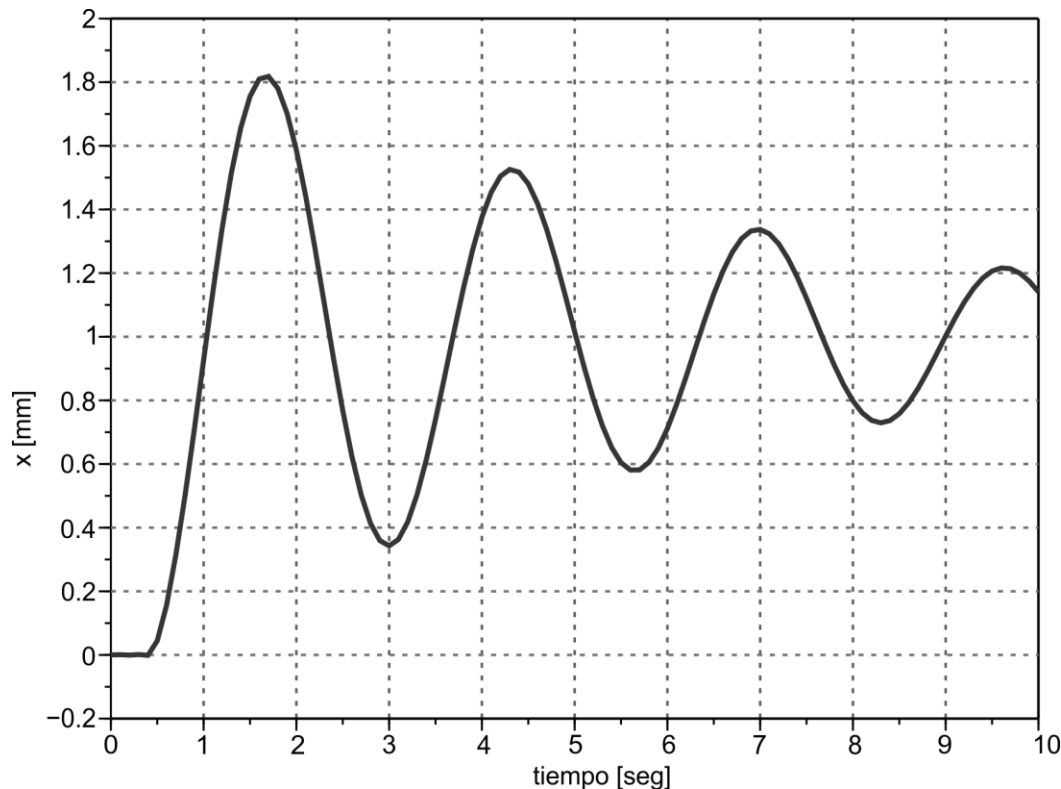


# Estabilidad de sistemas

## Análisis del sistema

Sensor ubicado a una distancia  $d = 4\text{cm}$

Respuesta al escalón con  $K=1$



¿Qué pasó?

Tengo una fabrica de chapas acanaladas!!

Cuando el sensor se separa del actuador se incorpora al modelo un retardo que es función de la distancia  $d$  y de la velocidad de desplazamiento de la chapa.

$$T_d = \frac{d}{v}$$

¿Se puede reducir el impacto de este fenómeno?

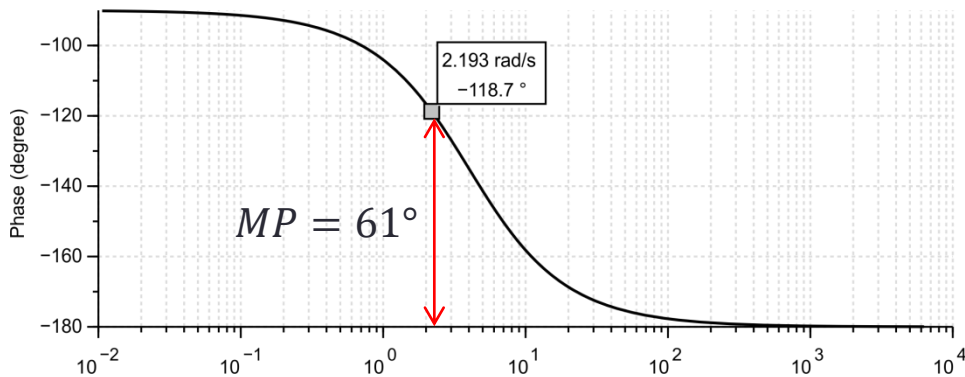
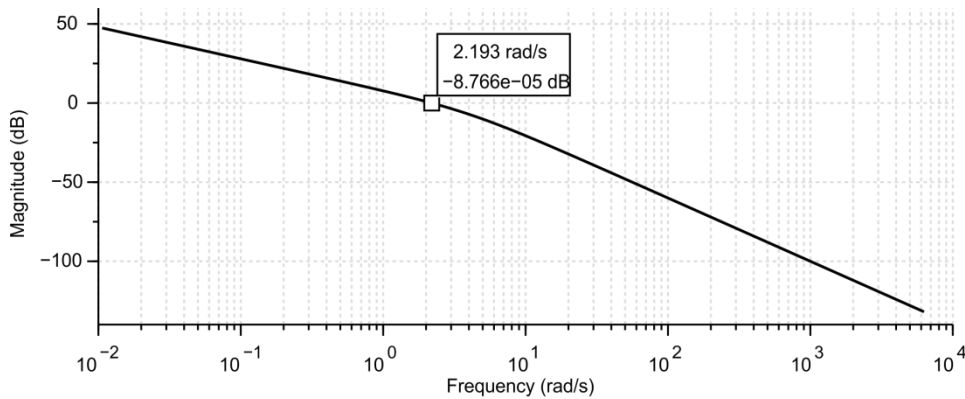
Velocidad de la lámina?

¿Qué pasa con el desperdicio?

# Estabilidad de sistemas

## Cálculo de la distancia límite

### Sistema sin retardo



$$MP = 61^\circ \equiv \frac{61^\circ \pi}{180^\circ} \approx 1.064 \text{ r}$$

$$MP[\text{rad}] + \phi_{ret} = 0$$

$$\phi_{ret} = -\omega_{odB} T_{dmax}$$

$$\omega_{odB} T_{dmax} = MP$$

$$T_{dmax} = \frac{MP}{\omega_{odB}}$$

$$\omega_{odB} = 2.19 \text{ r/s}$$

$$MP[\text{rad}] = 1.064 \text{ r}$$

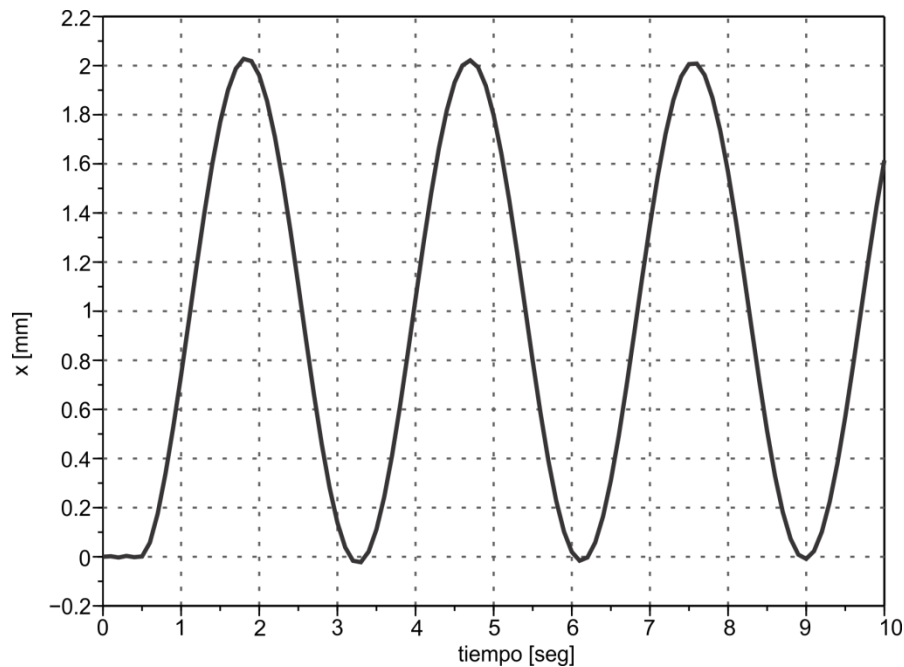
$$T_{dmax} = 0.48 \text{ s}$$

$$d_{max} = T_{dmax} v = 4.8 \text{ cm}$$

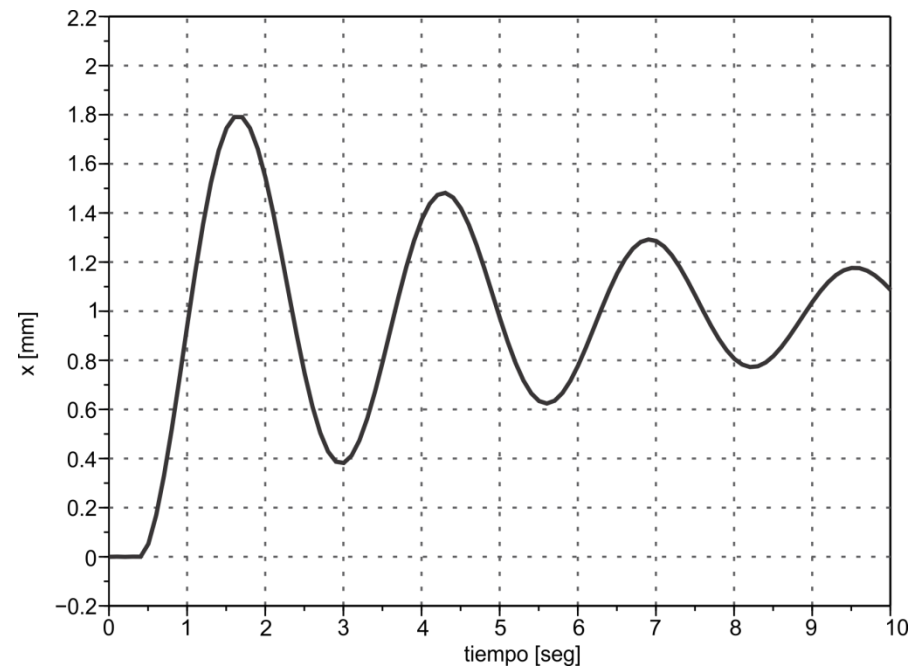
# Estabilidad de sistemas

## Respuesta al escalón

Condición límite



$d = 0.8d_{max}$



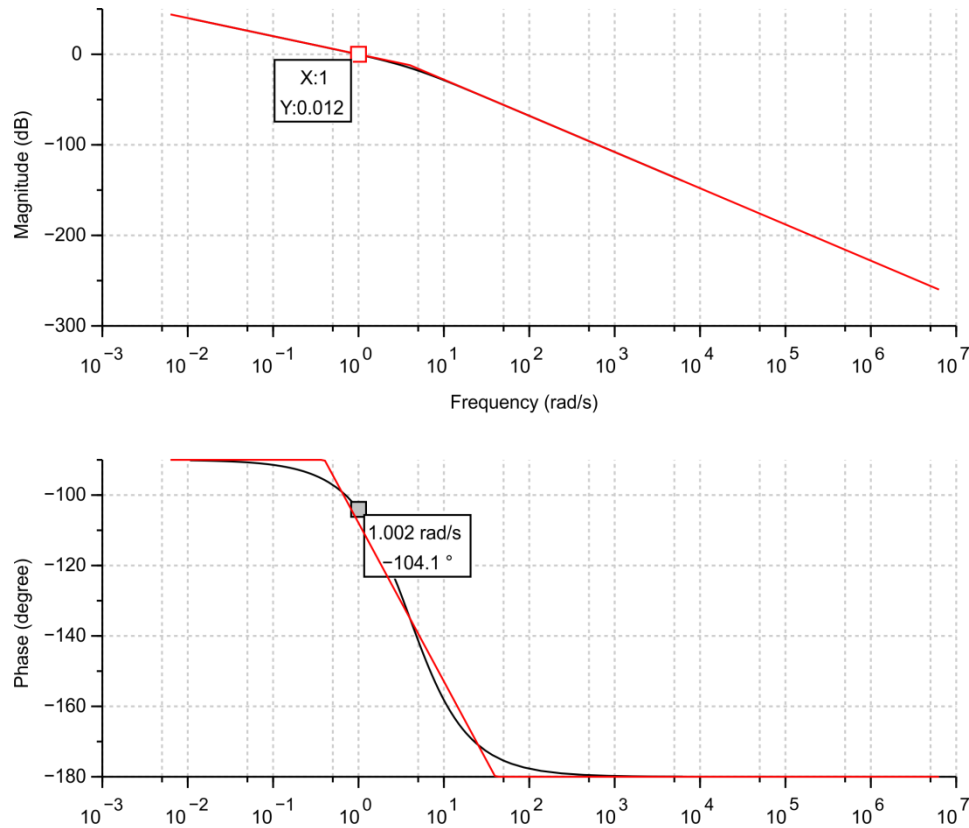
¿Puedo hacer que el sistema tolere más retardo?

Ganancia K?

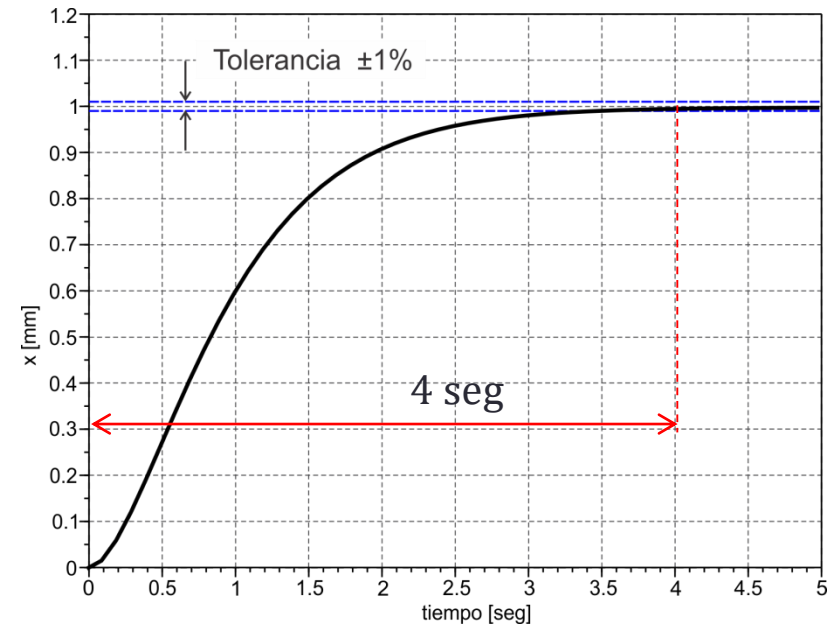


# Estabilidad de sistemas

## Sistema con ganancia $K=0.4$ (sin retardo)



## Respuesta al escalón



En este caso se duplica el desperdicio para el mismo  $v$ .

$$MP \approx 75.9^\circ$$



$$T_{dmax} = \frac{MP}{\omega_{odB}} = \frac{1.32 \text{ r}}{1 \text{ r/s}} = 1.32 \text{ s}$$