

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA

IE-0431 Sistemas de Control

Diseño de controladores PID mediante el lugar geométrico de las raíces para el servo control

Leonardo Marín Paniagua, Ph.D.

leonardo.marin@ucr.ac.cr

2018

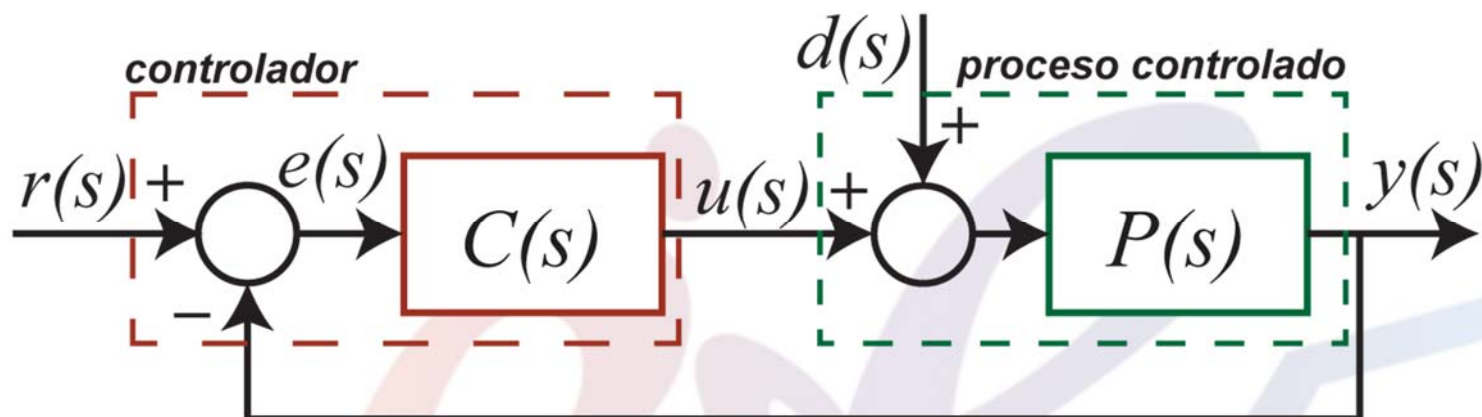


EIE

Escuela de
Ingeniería Eléctrica



Diseño de controladores PID mediante el LGR para el servo control



$$y(s) = \frac{C(s)P(s)}{1 + C(s)P(s)} r(s)$$

- Para el Sistema Realimentado actuando como Servomecanismo, se **supondrá** en la mayoría de los casos que la respuesta ante un cambio escalón en la referencia es igual a la de un sistema de Segundo Orden Subamortiguado:

$$\frac{y(s)}{r(s)} = \frac{K \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2}$$

Diseño de controladores PID mediante el LGR para el servo control

- Se desea que la respuesta del sistema ante un cambio en la referencia cumpla con diversas especificaciones del desempeño en el dominio del tiempo:

Aproximación de la FTLC: $\frac{y(s)}{r(s)} = \frac{K_{yr} \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2}$ Sistema Subamortiguado

Sobrepaso:

$$M_{pn\%} = 100e^{\frac{-\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

Depende solo de ζ

$$M_{pn\%} \leq M_{pn\%,MAX} \Rightarrow \zeta \geq \zeta_{MIN}$$

Tiempo al pico:

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}} = \frac{\pi}{\omega_a}$$

Tiempo de Asentamiento:

$$t_{a5\%} = \frac{3}{\zeta \omega_n} \quad t_{a2\%} = \frac{4}{\zeta \omega_n}$$

$$t_{a\%} \leq t_{a\%,MAX} \Rightarrow \zeta \omega_n \geq (\zeta \omega_n)_{MIN}$$

Error permanente entrada escalón:

$$e_{pr0} = \frac{1}{1 + K_0}, \quad K_0 = \lim_{s \rightarrow 0} L(s)$$



Diseño de controladores PID mediante el LGR para el servo control

- Se desea que la respuesta del sistema ante un cambio en la referencia cumpla con diversas especificaciones del desempeño en el dominio del tiempo:

Aproximación de la FTLC: $\frac{y(s)}{r(s)} = \frac{K_{yr}}{(T_c s + 1)^2}, \zeta = 1$ Sistema críticamente amortiguado

Sobrepaso: $M_{pn\%} = 0$

Tiempo levantamiento: $t_l = 3,36T_c$

Tiempo retardo: $t_r = 1,68T_c$

Tiempo de Asentamiento:

Error permanente entrada escalón:

$$t_{a5\%} = 4,74T_c$$

$$t_{a2\%} = 5,83T_c$$

$$e_{pr0} = \frac{1}{1 + K_0}, K_0 = \lim_{s \rightarrow 0} L(s)$$



Diseño de controladores PID mediante el LGR para el servo control

- Se desea que la respuesta del sistema ante un cambio en la referencia cumpla con diversas especificaciones del desempeño en el dominio del tiempo:

Aproximación de la FTLC: $\frac{y(s)}{r(s)} = \frac{K_{yr}}{T_c s + 1}$ Sistema primer orden

Sobrepaso: $M_{pn\%} = 0$

Tiempo levantamiento: $t_l = 2, 2T_c$

Tiempo de Asentamiento:

$$t_{a5\%} = 3T_c$$

$$t_{a2\%} = 4T_c$$

Error permanente entrada escalón:

$$e_{pr0} = \frac{1}{1 + K_0}, K_0 = \lim_{s \rightarrow 0} L(s)$$

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

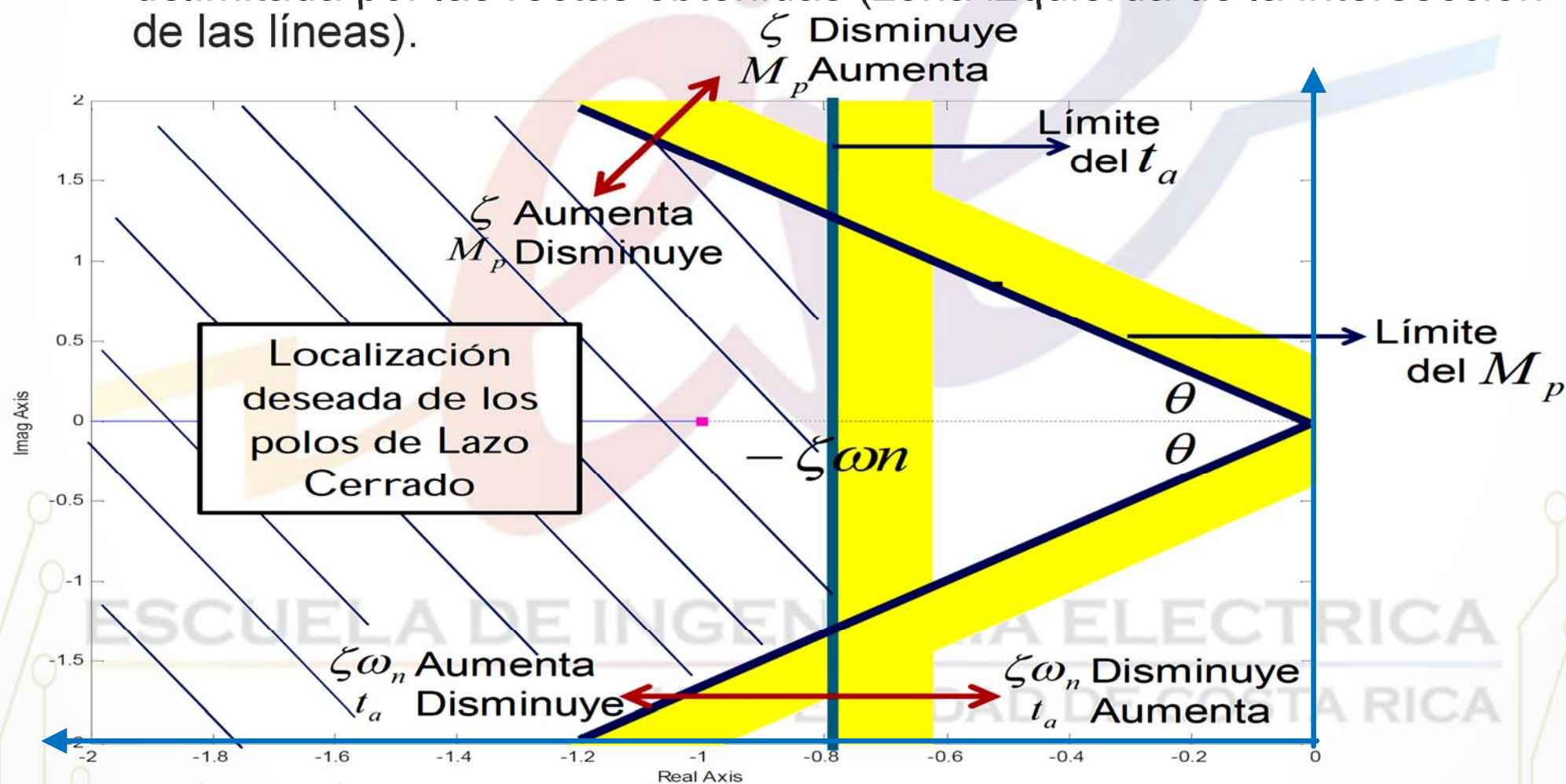
Diseño de controladores PID mediante el LGR para el servo control

- Procedimiento General: A partir de las especificaciones requeridas en el dominio del tiempo de la respuesta del sistema de control realimentado, se determinan los parámetros necesarios del controlador para obtener la respuesta deseada según el modelo $P(s)$ a controlar.
- Pasos requeridos:
 1. Obtener el LGR del modelo del proceso a controlar.
 2. A partir de las especificaciones en el dominio del tiempo:
 - a) Determinar la M_{yr} deseada del sistema realimentado (junto con $p_c(s)$).
 - b) Delimitar el área en donde se **deben** localizar los polos de lazo cerrado para obtener la respuesta deseada:
 - Obtener rectas del sobrepaso: A partir del $M_{pn\%}$ obtener ζ y el ángulo $\theta = \text{ACOS}(\zeta)$. → 2 rectas con ángulo $\pm\theta$.
 - Obtener las rectas del tiempo de asentamiento: A partir del $t_{a\%}$ obtener $\zeta\omega_n$ → 1 recta en $-\zeta\omega_n$.



Diseño de controladores PID mediante el LGR para el servo control

3. Determinar el tipo y los parámetros del controlador de la familia PID de forma que los polos de lazo cerrado estén ubicados en el área delimitada por las rectas obtenidas (zona izquierda de la intersección de las líneas).





Diseño de controladores PID mediante el LGR para el servo control

