



Examen de Sistemas Automáticos Parcial 2

Ej. 1	Ej. 2	Ej. 3	Ej. 4	Total

Apellidos, Nombre:

Sección:

Fecha: 23 de enero de 2014

- **Atención:** el enunciado consta de tres ejercicios prácticos y un test de respuesta múltiple
- **Resuelva el primer ejercicio y elija entre el segundo y tercer ejercicio práctico**
- **Rodee aquí claramente** el ejercicio que ha resuelto: 2 3
- Utilice únicamente **bolígrafo negro o azul**

Sistemas de 2º orden básico

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \quad T_p = \frac{\pi}{\omega_d} \quad S_{\%} = 100 \times e^{-\pi\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}}$$

$$T_{s_{95\%}} \approx \frac{3}{\zeta\omega_n} \quad T_{s_{98\%}} \approx \frac{4}{\zeta\omega_n} \quad \zeta = \frac{-\ln(S_{\%}/100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(S_{\%}/100)}}$$

Sistemas realimentados

$$e_{\text{escalón}}(\infty) = \frac{1}{1 + K_p} \quad e_{\text{rampa}}(\infty) = \frac{1}{K_v} \quad e_{\text{parábola}}(\infty) = \frac{1}{K_a}$$

Lugar de las raíces

$$\sigma_a = \frac{\sum \text{polos} - \sum \text{ceros}}{\#\text{polos} - \#\text{ceros}} \quad \theta_a = \frac{180(2k+1)}{\#\text{polos} - \#\text{ceros}}$$

$$\angle_{\text{salida/llegada}} = 180 - \sum \angle \text{sing. del mismo tipo} + \sum \angle \text{sing. distinto tipo}$$

Diagramas de Bode

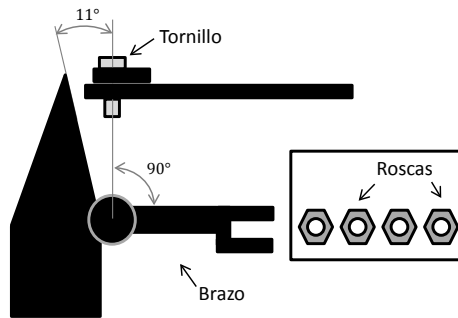
$$M_F = \arctan\left(\frac{2\zeta}{\sqrt{\sqrt{1+4\zeta^4}-2\zeta^2}}\right) \approx 100\zeta \quad \omega_c = \omega_n \sqrt{\sqrt{1+4\zeta^4}-2\zeta^2} \quad \omega_r = \omega_n \sqrt{1-2\zeta^2}$$

$$|G(j\omega_c)| = 1 = 0 \text{ dB}$$

$$M_F = 180^\circ + \angle G(j\omega_c)$$

$$G_{\text{PID}}(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

1. **(3,5 puntos)** El brazo de cierto robot industrial se está empleando en una cadena de producción de un coche de alta gama. Está programado para recoger una rosca de un contenedor y aplicarla a un tornillo del bastidor del vehículo. El contenedor y el tornillo se encuentran a 90° el uno del otro (véase la figura).



Se quiere doblar la producción, esto es, reducir al menos a la mitad el tiempo de desplazamiento del brazo entre la posición de la caja y la del tornillo, que es en este momento de 2 s. Se ha de tener en cuenta que, debido a la limitación de espacio, solo se puede admitir una sobreoscilación del brazo mecánico inferior o igual a 11° . Además, para que el acople sea correcto, se requiere que el error de posicionamiento del brazo sea nulo. Como requisito adicional, el error ante rampa unitaria debe ser inferior a 0.1° .

El brazo tiene la función de transferencia:

$$G(s) = \frac{9}{(s+1)(s+3)}$$

Se pide que:

- Calcule el controlador necesario en realimentación unitaria para poder doblar la producción respetando los requisitos.
 - Verifique si la sobreoscilación del sistema con el nuevo controlador es mayor o menor que la del sistema original controlado con realimentación y ganancia unitarias.
2. **(3,5 puntos)** Corre el año 2122. La tripulación de la nave espacial *USCSS Nostramo* ha recibido una señal automática de socorro proveniente de un planetoido inexplorado. Cuando se aproxima a investigar encuentra en la superficie un vehículo alienígena. Con el lucro en mente, la tripulación decide pilotarlo de vuelta a la Tierra.

Por desgracia, el vehículo se encuentra gravemente dañado y su respuesta es errática. El ingeniero Parker determina que hay que reparar el bucle de realimentación de la planta motriz, y ajustar su ganancia, que se ha desconfigurado.

Tras exhaustivos esfuerzos, el ingeniero Brett determina que la función de transferencia de la planta es

$$G(s) = \frac{10(s+9)}{9s(s+1)^2}$$

Se pide que:

- Obtenga el diagrama de Bode asintótico de la planta para $\omega \in \{10^{-2} \dots 10^2\}$ rad s^{-1} .
- Identifique la frecuencia crítica y margen de fase actuales del sistema. ¿Es éste estable? Justifique su respuesta.
- Con objeto de perjudicar lo menos posible unos curiosos huevos que se hallan en la bodega de la nave, y que podrían ser también muy valiosos, obtenga los rangos de ganancia que se pueden aplicar al sistema para que este responda con sobreoscilación mínima.
- Se desea también que el sistema responda rápido a entradas constantes. Seleccione, dentro del rango recién calculado, la ganancia que minimiza el tiempo de respuesta.
- Identifique al único tripulante que sobrevivirá al viaje de vuelta.

3. (3,5 puntos) Se desea controlar una planta, cuya función de transferencia no se puede modelar axiomáticamente. Por ello, se ha efectuado un análisis frecuencial, que se muestra en la figura 1A.

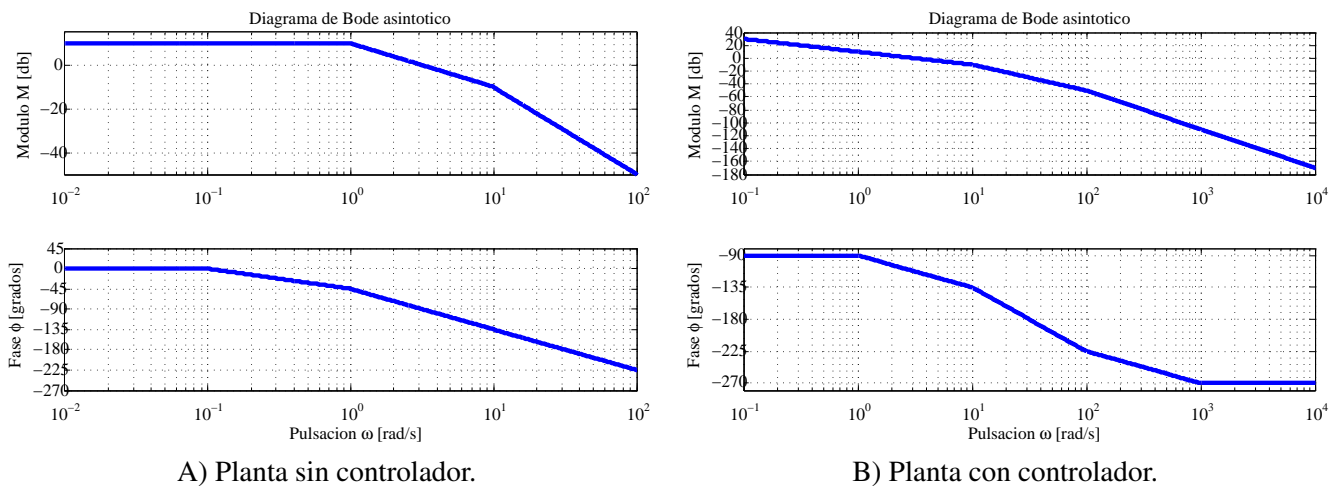


Figura 1: Respuesta frecuencial de la planta.

El control se va a realizar utilizando una realimentación unitaria. Para ello se cuenta con dos controladores restos de serie sin posibilidad de ajuste, cuyas especificaciones se han perdido. Analizados empíricamente, dichos controladores exhiben las respuestas frecuenciales de las figuras 2A y 2B.

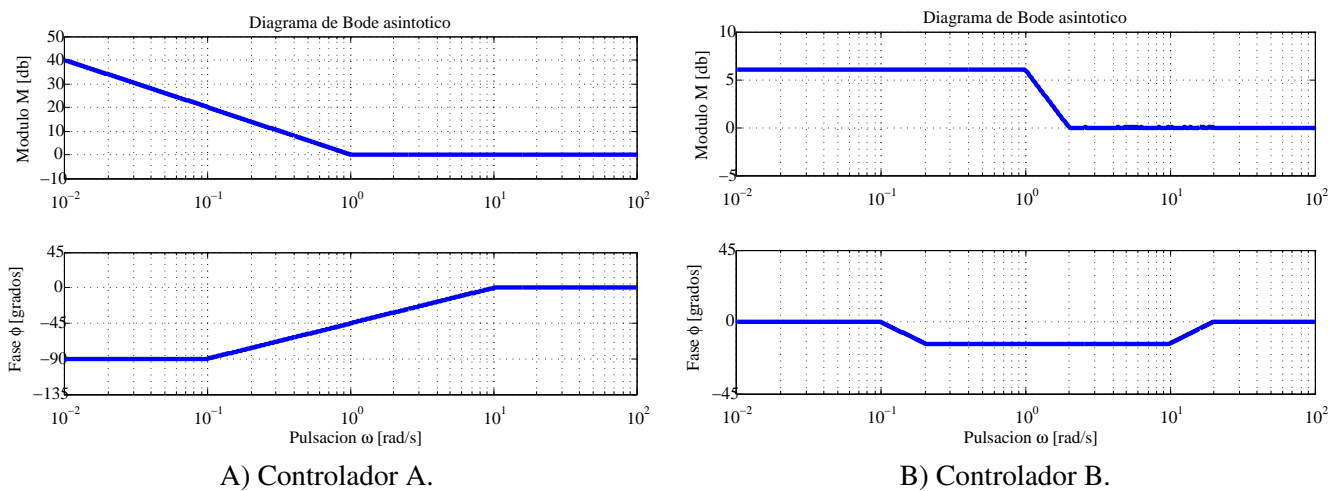


Figura 2: Respuesta frecuencial de los controladores.

Los requisitos de diseño son que el error de posición ante entradas escalón sea nulo, siendo el resto de características de importancia secundaria.

- a) Identifique las funciones de transferencia de los dos controladores disponibles, y justifique cuál debe utilizarse para controlar el sistema.
- b) Tras insertarse el controlador en la rama directa, ésta exhibe el comportamiento frecuencial descrito por la figura 1B. Identifique sobre ella la frecuencia crítica y el margen de fase.
- c) A partir de dichos parámetros frecuenciales, identifique las características de la respuesta al escalón: tiempo de respuesta, de pico y sobreoscilación.
- d) Indique cuál sería la máxima ganancia que se podría aplicar al sistema controlado sin hacerlo inestable.
- e) Calcule la respuesta del sistema controlado para una entrada $r(t) = 10 \cos(20t - 30^\circ)$.
- f) Identifique la función de transferencia definitiva (figura 1B) y calcule su error en permanente.

4. (3 puntos, +0,2 cada acierto, -0,1 cada error) Marque todas las respuestas que considere correctas.

1. El controlador $C(s) = 13 \frac{(s + 12)(s + 0.1)}{s}$:

- a) Es una red de retardo
 b) Es un PID
 c) Ninguna de las otras
 d) Es una red de anticipo

2. En un diagrama de Bode, el diagrama de amplitud cruza el eje a 0 dB y el de fase el eje a -180° grados una única vez. Si el margen de fase es nulo:

- a) Esto no es posible
 b) El sistema es inestable
 c) El margen de amplitud es con certeza nulo
 d) El sistema es marginalmente estable

3. Un sistema controlado con un PD:

- a) Siempre tiene error nulo ante entrada escalón
 b) Se podrá siempre controlar alternativamente con una red de anticipo
 c) Puede tener error acotado ante entrada escalón
 d) Se podrá siempre controlar alternativamente con una red de retardo

4. Dada una función de transferencia $G(s) = \frac{\left(\frac{s}{20} + 1\right)}{s\left(\frac{s}{50} + 1\right)}$ y una entrada $20 \sin(t + 100^\circ)$ a la salida se obtendrá:

- a) $\sin(t - 10^\circ)$
 b) $40 \sin(t + 100^\circ)$
 c) $20 \sin(t + 10^\circ)$
 d) $20 \sin(t + 190^\circ)$

5. Dada una planta $G(s) = \frac{1}{(s + 2)(s + 4)}$ controlada en realimentación con $K = 0.5$:

- a) Tiene una sobreoscilación del 17%
 b) Su tiempo de pico es 3 s
 c) Ninguna de las otras
 d) Tiene una respuesta sobreamortiguada

6. Dada la función de transferencia $G(s) = \frac{20(s + 8)}{(s + 2)(s + 4)}$, en el diagrama asintótico de Bode de la amplitud:

- a) El valor inicial es 26 dB
 b) El valor inicial es -20 dB
 c) El valor en $\omega = 2 \text{ rad s}^{-1}$ es 26 dB
 d) El valor inicial es 20 dB

7. Un red de retardo:

- a) Permite aumentar el tipo del sistema
 b) Se utiliza para corregir el transitorio
 c) Es un polo a la derecha de un cero
 d) Se utiliza para corregir el permanente

8. Dada una planta $G(s) = \frac{20}{(s + 3)(s + 5)}$ y requisitos $S\% = 10\%$ y $e_{\text{escalón}}(\infty) = 0$, para ser controlada en realimentación:

- a) Es necesario un PID
 b) Es suficiente un PD
 c) Es necesaria una RA+RR
 d) Es suficiente un PI

9. Los diagramas de Bode:

- a) Usan escalas lineales para las frecuencias
 b) Se pueden obtener empíricamente
 c) Usan escalas logarítmicas para las frecuencias
 d) Se obtienen con el método Swarovski

10. En un diagrama de Bode se observa una pendiente de -20 dB que empieza en $\omega = 3 \text{ rad s}^{-1}$ y acaba en $\omega = 30 \text{ rad s}^{-1}$. La función de transferencia puede ser:

- a) $G(s) = \frac{s + 0,3}{s + 300}$
 b) $G(s) = \frac{s + 30}{s + 3}$
 c) $G(s) = \frac{s + 300}{s + 0,3}$
 d) $G(s) = \frac{s + 3}{s + 30}$