

Apellidos: _____ Nombre: _____

IMPORTANTE

- ⊕ Duración del examen: **90 minutos**
- ❗ No olvide anotar el nombre y los apellidos en todas las hojas de examen, incluido el enunciado de examen
- ❗ No se permite ningún tipo de documentación
- ❗ Las respuestas se entregarán en hojas de examen
- ❗ Se entregarán las hojas de examen, incluido el enunciado de examen, dobladas por la mitad

1. (30 puntos) En la figura 1 se muestra una versión simplificada del control de velocidad de actitud para el caso de un avión F-18.

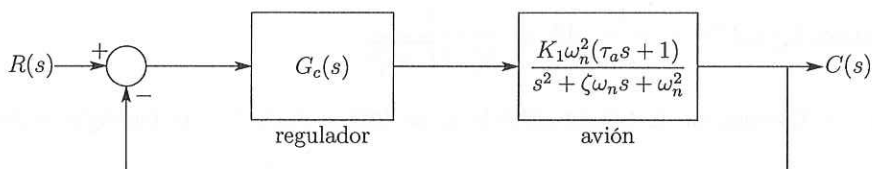


Figura 1: Sistema de control de velocidad de actitud de un avión F-18.

Suponiendo que la aeronave está volando a cuatro veces la velocidad del sonido (Mach 4 o, aproximadamente, 4.949 km/h), a una altitud de 100.000 pies (30.480 m), y los parámetros del avión atienden a $\tau_a = 5$, $K_1 = 0,1$, $\zeta\omega_n = 0,05$ y $\omega_n = 2$ rad/s, diseñe un compensador $G_c(s)$, de manera que la respuesta a una entrada escalón unidad presente un error en régimen permanente inferior al 50 %, un margen de fase de 150° y un margen de ganancia mayor o igual que 8 dB.

2. (40 puntos) Considere el sistema de control, con realimentación unitaria, mostrado en la figura 2.

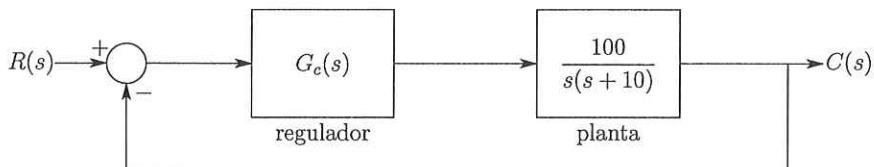


Figura 2: Sistema de control considerado.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

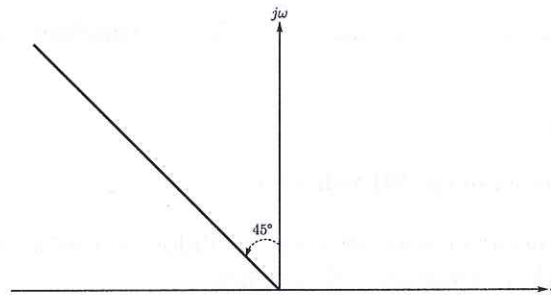


Figura 3: Lugar geométrico de las raíces dominantes en el plano s . Únicamente se representa el semiplano superior.

Si, una vez introducido el regulador $G_c(s)$, se deseara mejorar la velocidad de respuesta del sistema, incrementándose el pico de resonancia en un 15,47 %, conservándose a la par el tiempo de establecimiento, al 2 %, ¿en qué porcentaje relativo se vería alterado el error en régimen permanente, cuando se introduce como señal de entrada una rampa unitaria?

$$\text{Notas: } t_s(\pm 2\%) = \frac{4}{\zeta\omega_n}, \quad M_r = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}.$$

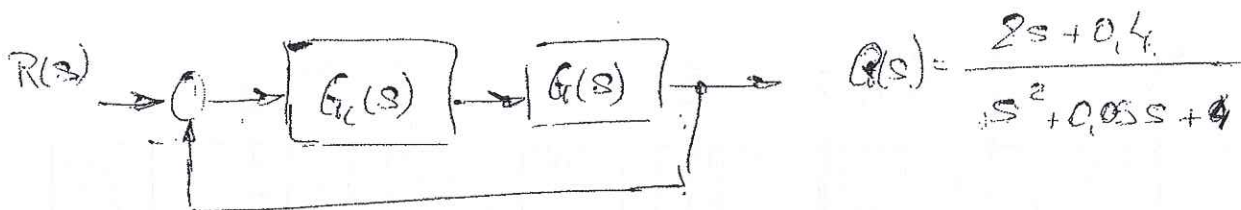
3. (30 puntos) Determine la transformada z , en forma cerrada, de las siguientes funciones.

1. $x(k) = \left(\sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i [u(k-2 \cdot i) - u(k-(2+2 \cdot i))] \right) \cdot u(k)$.
2. $x(k) = (j+1)^{2(k-1)} u(k-2)$.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



$$Q(s) = \frac{2s + 0,4}{s^2 + 0,05s + 4}$$

$$Q_c(s) = k_c \cdot \frac{s + \omega_1}{s + \omega_1} \quad \beta \gg 1$$

$$e_{ss} = 0,5 = \frac{1}{1 + k_p}$$

$$k_p = \lim_{s \rightarrow 0} Q_c(s)G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} k_c \cdot \frac{s + \omega_1}{s + \omega_1} \cdot \frac{2s + 0,4}{s^2 + 0,05s + 4} = k_c \cdot \beta \cdot \frac{0,4}{4} = 0,1 \cdot k_c \cdot \beta = 0,1 + k_c$$

$$e_{ss} = 0,5 = \frac{1}{1 + 0,1k_p} \Rightarrow \boxed{k = 10}$$

$$G_1(s) = k \cdot G(s) = 10 \frac{2s + 0,4}{s^2 + 0,05s + 4}$$

$$G_1(j\omega) = 10 \frac{2j\omega + 0,4}{(j\omega)^2 + 0,05j\omega + 4}$$

$$|G_1(j\omega)|_{\omega \rightarrow 0} = \frac{10 \cdot 0,4}{4} \Rightarrow \begin{cases} \rightarrow G_1(j0,02) = 1 = 0 \text{ dB} \\ \rightarrow |G_1(j0,02)| = 0 \end{cases}$$

Cartagena99

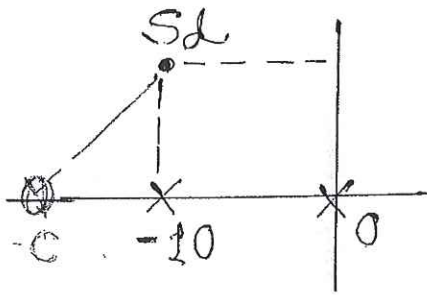
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

② $\text{sen } 45^\circ = \zeta; \zeta = \frac{\sqrt{2}}{2}$
 $\Delta B \approx \omega_n = 2\pi \cdot 2,2508 = 20/\sqrt{2}$

$s_d = -\zeta\omega_n \pm \omega_n\sqrt{1-\zeta^2} \cdot j = -10 \pm 10j$

$G(s) = \frac{100}{s(s+10)}$; $G_c(s) = K_D(1+T_D \cdot s) = \underbrace{K_D \cdot T_D}_{K_c} \left(s + \frac{1}{T_D}\right)$



$\angle_{s_d} G(s) = -135^\circ - 90^\circ = -225^\circ \neq -180^\circ$

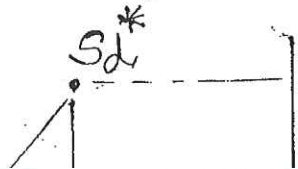
$\angle_{s_d} G_c(s)G(s) = \theta_c - 225^\circ = -180^\circ \rightarrow \theta_c = 45^\circ$

$\tan^{-1} 45^\circ = \frac{10}{c-10}; c = +20$

$\left| K_c \cdot (s+20) \cdot \frac{100}{s(s+10)} \right|_{s_d} = 1 \rightarrow K_c = 10^{-3}$

$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s(s+20) \cdot \frac{0,1 s_d}{s(s+10)} = 0,2 \rightarrow e_{ss} = \frac{1}{K_v} = 5$

$\zeta_s = \frac{4}{\zeta\omega_n} = 0,4 \rightarrow \omega_n = 20$
 $M_r = 0,1547 \rightarrow \zeta = \frac{1}{2}$
 $s_d^* = -10 + 18,6121j$



$\angle_{s_d^*} G(s) = -118,2485^\circ - 90^\circ = -208,2485^\circ \neq -180^\circ$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

$$\tan 28,2485^\circ = 0,5373 = \frac{18,6121}{c^* - 10}; c^* = 44,64$$

$$\left| K_c \cdot (s + 44,64) \cdot \frac{100}{s(s+10)} \right|_{s_d^*} = 1 \rightarrow K_c = 0,1$$

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s(s+44,64) \cdot \frac{10}{s(s+10)} = 44,64$$

$$e_{ss} = \frac{1}{K_v} = 0,0224$$

$$\frac{5 - 0,0224}{5} = 0,9952$$

Se ve mejorado el error en un 99,52%

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

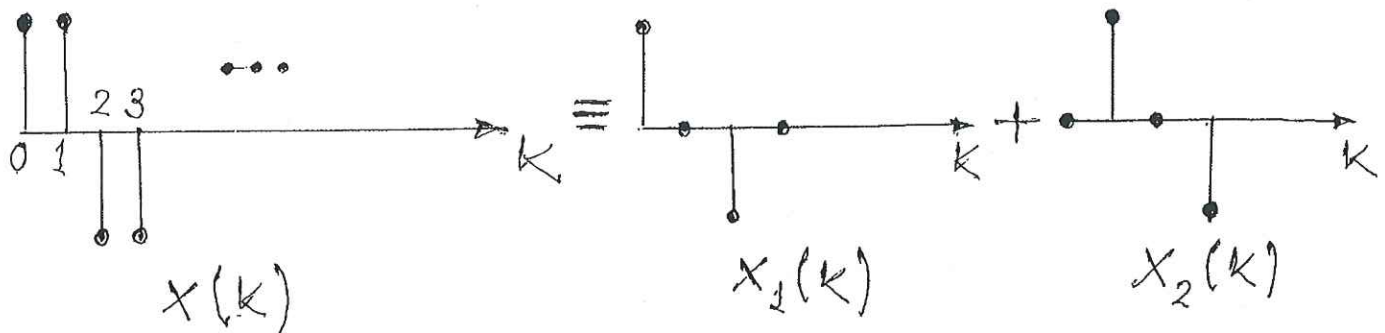
$$\textcircled{3} \quad x(k) = [\sqrt{2} \cdot e^{j\pi/4}]^{2(k-1)} \cdot u(k-2)$$

$$\text{si } a = (\sqrt{2} \cdot e^{j\pi/4})^2 = 2 \cdot e^{j\pi/2} = 2 \cdot j$$

$$x(k) = a^{(k-1)} \cdot u(k-2)$$

$$= a \cdot a^{(k-2)} \cdot u(k-2)$$

$$X(z) = a \cdot z^{-2} \cdot \frac{1}{1 - az^{-1}} = \frac{2j \cdot z^{-2}}{1 - 2jz^{-1}}$$



$$x(k) = x_1(k) + x_2(k)$$

$$= \cos k\pi/2 + \cos(k-1)\pi/2$$

$$= \cos k\pi/2 \cdot u(k) + \cos(k-1)\pi/2 \cdot u(k-1)$$

$$\downarrow \quad \quad \quad \uparrow$$

$$1 \quad \quad \quad z^{-1}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark blue font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a white arrow pointing to the left, creating a sense of motion or direction.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**