	EXAMEN PARCIAL DE LA ASIGNATURA CONTROL DIGITAL (VALOR 20%) Ingeniería Mecatrónica
	NOMBRE: FECHA:

Elementos prohibidos: Para el desarrollo del parcial, el estudiante NO puede utilizar ningún material externo de apoyo (cuadernos, notas de clase, fotocopias, etc), todo lo necesario lo tiene en las hojas de anexos del parcial.

Uso Software Matlab y/o Mupad: El estudiante tiene la posibilidad de usar la herramienta de cómputo. No es necesario entregar ningún archivo por parte del estudiante, esta herramienta sólo se usa como ayuda en la verificación de las respuestas. El estudiante NO puede tener acceso a ningún otro programa ni a Internet durante el parcial.

Duración del parcial: 2 horas.

Las soluciones son válidas si se obtienen a partir de las tablas anexas del parcial, todas las expresiones de solución se deben llevar a la mínima expresión algebraica posible y si son numéricas se deben llevar hasta 4 cifras decimales. Una vez iniciado el tiempo de solución no se debe permitir el préstamo de implementos de ningún tipo.

Las ecuaciones necesarias para el desarrollo están dadas a continuación:

Ecuaciones de soporte:

$$Mp = e^{\frac{-\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}} \cdot 100[\%] \quad w_d = w_n \sqrt{1-\xi^2}$$

$$t_s = \frac{4,6}{\xi w_n} : \frac{4}{\xi w_n} : \frac{3}{\xi w_n}$$

Ecuaciones como criterios de selección de periodos de muestreo, donde T es el periodo de muestreo:

- Criterio de ancho de banda en lazo cerrado:

$$8\omega_c \leq \omega_s \leq 12\omega_c \quad T_s = \frac{2\pi}{\omega_s}$$

- Criterio de τ equivalente en lazo cerrado:

$$0.2\tau_{eq} \leq T_s \leq 0.6\tau_{eq}$$

- Criterio de tiempo de establecimiento t_s en lazo cerrado:

$$0.05t_s \leq T_s \leq 0.15t_s$$

Diferencias hacia atrás (Método de Euler hacia atrás):

$$s = \frac{1 - z^{-1}}{T} = \frac{z - 1}{zT}$$

Retenedor de orden cero

$$H_{ZOH}(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s} \quad \therefore HG(z) = (1 - z^{-1})Z \left[\frac{G(s)}{s} \right]$$

Transformación por mapeo

$$z = e^{sT}$$

Criterios necesarios de estabilidad de Jury

$$|a_0| < a_n$$

$$Q(1) > 0$$

$$(-1)^n Q(-1) > 0$$

Transformación de sistemas con retardo

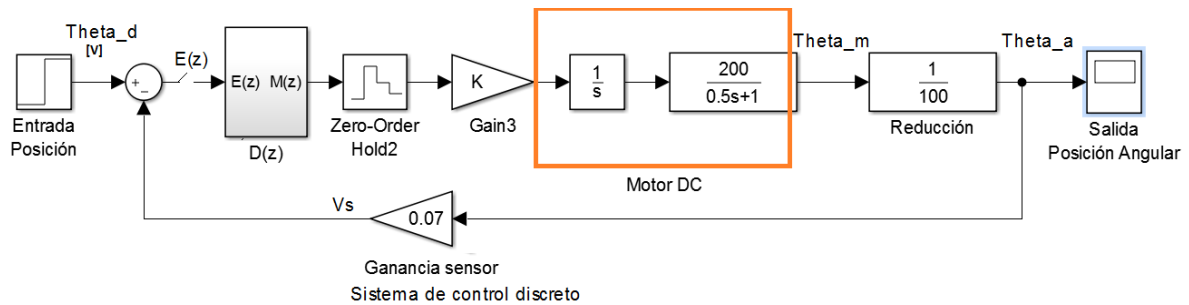
$$HG(z) = (1 - z^{-1})Z_m \left(\frac{G_p(s)}{s} \right) = z^{-d} G(z, m)$$

$$\theta' = dT + \theta \quad \therefore \text{donde } d = \frac{\theta'}{T}$$

$$m = 1 - \frac{\theta}{T}$$

Éxitos!!!

1.
 - a. Cuál es la justificación de realizar el proceso de identificación de un sistema fuera de línea. (8%)
 - b. En un proceso industrial es necesario realizar el control del mismo en un rango de operación definido. Usted es el ingeniero encargado de definir el procedimiento y requerimientos para realizar un proceso experimental adecuado de identificación del proceso. Teniendo en cuenta que el proceso es estable ante una entrada acotada y basado en su experiencia, describa brevemente que consideraciones debería tener y qué elementos requiere para realizar un adecuado procedimiento de identificación de la dinámica del proceso. (12%)
2. La figura representa un sistema de control de un servomecanismo (motor controlado en posición) donde la referencia está dada con un voltaje por medio de un potenciómetro. Considere un periodo de muestreo de $T=0.1s$.

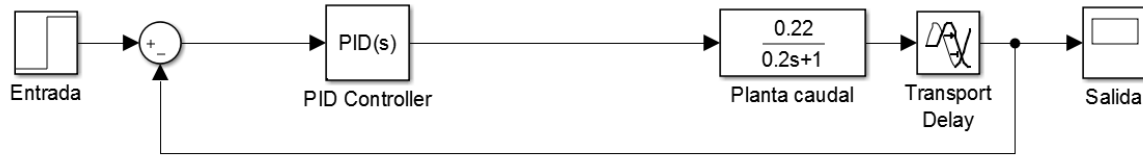


- a. Si la entrada al sensor es el ángulo **Theta_a** en grados y el movimiento debe estar restringido entre 0 y 270 grados, determinar el rango de salida del sensor y el rango de voltaje que debe tener el conversor A/D. (10%)
- b. Si asumimos $D(z)=1$ y $K=1$, $G_p(s)$ es la función de transferencia del motor, reducción y ganancia del sensor. Determine el rango de estabilidad de K para el sistema de control. (15%)
- c. Obtener el valor final de **Theta_a(kT)** cuando la entrada es **Theta_d=5V**, asumiendo igualmente $D(z)=1$ y $K=1$. (5%)
- d. Teniendo claro el análisis del lugar geométrico de las raíces para el sistema discreto, determine el valor de K para que el sistema estabilizado en lazo cerrado tenga un máximo sobre impulso de aproximadamente el 10% o menor. (10%)
3. Para un sistema de control de flujo se obtuvo un modelado aproximado a partir del procedimiento experimental de curva de reacción :

$$G_p = \frac{0.22e^{-0.1s}}{0.2s + 1}$$

- a. Si se ignora el efecto del retardo, justifique porqué un periodo de muestreo $T=40ms$ sería válido. (5%)

- b. Discretice la planta utilizando un retenedor de orden cero y un periodo de muestreo $T=40\text{ms}$ (Use tablas de transformación para demostrar su procedimiento). Verifique su respuesta usando el comando `c2d` en Matlab. (12%)
- c. Si se propone un controlador PID continuo como el dado en la siguiente ecuación, plantee el controlador discreto por medio de una aproximación atraso. (5%)



$$PID(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = 7.65 \left(1 + 5.1072 \frac{1}{s} + 0.03012s \left(\frac{43.531}{s + 43.531} \right) \right)$$

- d. Plantee la ecuación en diferencias para la señal de control $m(k)$ y el diagrama de bloques que la representa. (5%)
- e. Qué efectos tiene la aproximación del controlador con dicho periodo de muestreo, qué sugeriría para reducir dichos efectos? (Compare los efectos del controlador en continuo y en discreto)(5%)
- f. Si en cambio a un controlador PID, se tiene una ganancia K , cuál sería el error en estado estable de velocidad? (8%)