

**11.** Un proceso continuo tiene la siguiente función de transferencia en lazo abierto:

$$G_p(s) = \frac{0,5}{s^2 + 4 \cdot s + 4}$$

Especificar  $K_c$  para un factor de amortiguación en lazo cerrado de  $\delta = 0,7072$ .

**12.** Un sistema de nivel con dos tanques en serie utiliza un controlador PID con tiempo integral de 3 minutos, y un tiempo derivativo de 40 segundos. Las constantes de tiempo de los dos tanques son 10 y 20 minutos, mientras que el transductor de nivel puede ser considerado también como de primer orden con una ganancia unitaria y constante de tiempo de 30 segundos.

Utilice criterio de Routh para determinar los niveles de  $K_c$  en que el sistema es estable en lazo cerrado. Para el caso expuesto en el problema número 6 de los problemas de dinámica de procesos responda a las siguientes cuestiones:

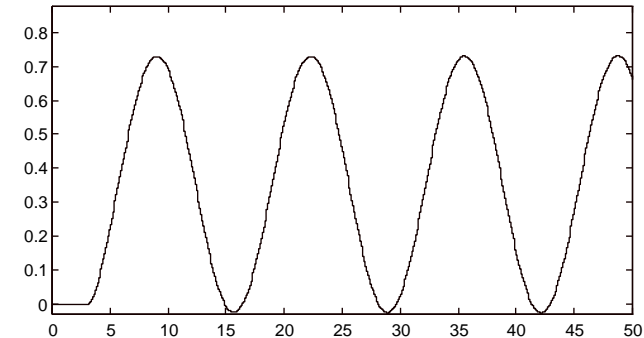
- Dibujar un diagrama de bloques con controlador proporcional "feedback" de acción inversa, suponiendo que las funciones de transferencia del actuador y del sensor son ambas 1.
- ¿Cuál es el valor mínimo de la ganancia proporcional  $K_c$  que se necesita para estabilizar el sistema desde  $T_{set}(s)$  a  $T(s)$ ?

**13.** Un sistema de primer orden con atraso puede ser representado aproximadamente por la siguiente función de transferencia:

$$G_p(s) = \frac{0,6 \cdot (s-1)}{(2 \cdot s+1) \cdot (s+1)}$$

- Determinar el offset (o error en el estado estacionario) para un escalón unitario en la referencia (setpoint) si este proceso está controlado en forma proporcional por un controlador sintonizado por el método de Ziegler-Nichols.
- Analizar la estabilidad del lazo haciendo uso del criterio de Routh cuando el controlador es un P.I. con  $\tau_i = 2$  min.

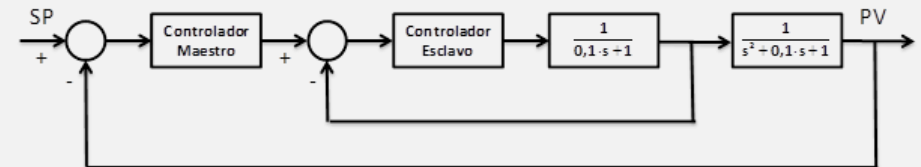
**14.** Un sistema de control PID se aplica a un proceso compuesto por dos sistemas de primer orden en serie más un atraso de 3 minutos. Al seleccionar solo control proporcional con  $K_c=0.48$  se obtiene la respuesta que se indica en el diagrama cuando se realiza un escalón en la referencia desde 0 a 0.5.



Con esta información determinar los parámetros del controlador PID sintonizados por el método de Ziegler-Nichols, encontrar la función de transferencia del lazo cerrado, y analizar la estabilidad y el error en estado estacionario del sistema.

Nota: El eje x del gráfico dado expresa el tiempo, medido en segundos.

**15.** La figura representa un sistema de control en cascada, donde el controlador maestro es un controlador PI con  $K_c=2$  y  $\tau_i = 5$ . y el controlador esclavo es un controlador P con ganancia  $K_c=10$ .



- Determinar la función de transferencia de lazo cerrado de la salida con respecto al setpoint.
- Determinar mediante el teorema del valor final si el sistema presenta offset cuando se realiza un cambio de escalón unitario en la referencia.

16. Suponer que la función de transferencia de un proceso viene dada por

$$G_p = \frac{-s + a}{(s + b)(s + c)}$$

donde a, b y c son todos números positivos.

- Demostrar que el sistema es estable por sí mismo
- Utilizando un controlador proporcional con una ganancia,  $K_c$ , demostrar que el polinomio característico del lazo cerrado viene dado por

$$s^2 + (b + c - K_c)s + (bc + a K_c)$$

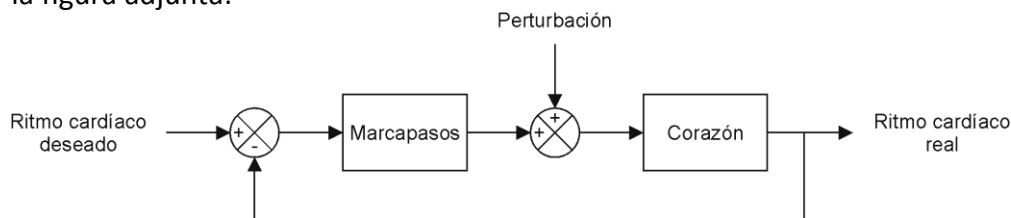
Suponer que las funciones de transferencia del sensor y actuador son iguales a 1

- ¿Cual serían los parámetros de sintonización del controlador PI según el método de Ziegler-Nichols? (El período último es  $2\pi/\omega$  donde  $\omega$  es la frecuencia última en radianes por segundo)

17. Un sistema dinámico en lazo abierto de segundo orden tiene dos polos en  $-1 \pm i$  y un cero con valor 1. Este sistema va a ser controlado en lazo cerrado mediante un controlador PID.

- Encontrar los parámetros de un controlador PID y determinar el offset para un escalón unitario en la referencia (setpoint) si el controlador ha sido sintonizado por el método de Ziegler-Nichols de la última ganancia. Un análisis dinámico indica que la última ganancia es  $K_u = 2$  y el último período  $P_u = 0,5$  min.
- Analizar la estabilidad del lazo cuando los parámetros del controlador aumentan al doble  $K_c$ ,  $\tau_i$ ,  $\tau_d$ .

18. Los marcapasos electrónicos actúan sobre el corazón de manera que este responda adecuadamente al ritmo cardíaco deseado. La situación dinámica se puede representar por el bucle de control retroalimentado de la figura adjunta:



Se ha establecido que las funciones de transferencia del marcapasos y del

corazón son:

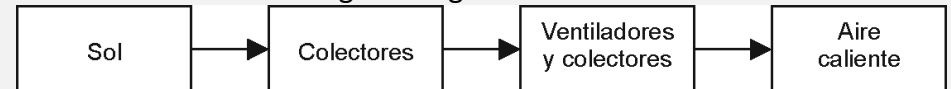
$$G_{\text{marcapasos}} = \frac{K_c}{0,1 \cdot s + 1} \quad G_{\text{corazón}} = \frac{1}{s}$$

Normalmente el ritmo cardíaco de un corazón sano es de 70 latidos por minuto, que es el ritmo deseado.

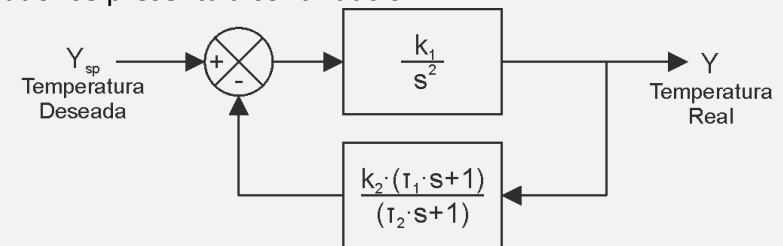
Responda a las siguientes cuestiones

- Si  $K_c = 10$ , ¿cuánto vale la constante de tiempo de todo el sistema? ¿y la ganancia? ¿Qué sentido físico tiene dichos parámetros?
- Si se produce una perturbación del ritmo cardíaco que lo eleva en 10 pulsaciones en exceso (salto en escalón de 10 unidades) ¿Qué ritmo cardíaco estacionario se alcanzaría?

19. Un sistema de colectores solares y almacenamiento térmico funciona tal como se indica en el diagrama siguiente:



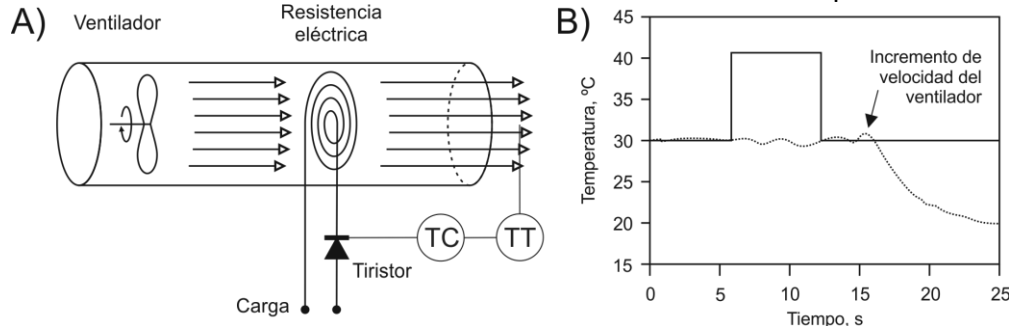
El diagrama de bloques que representaría al sistema de control del climatizador se presenta a continuación:



Suponer que  $T_1=1$  y  $T_2=0$  (aproximación)

- ¿Para qué valores de  $k=k_1 \cdot k_2$  el sistema será sub-amortiguado y para cuáles sobre-amortiguado?
- Suponer que la temperatura de la casa (Temperatura Real) está estabilizada en  $22^\circ\text{C}$ , estando situada la consigna a esa temperatura. Si la consigna se cambia de pronto a  $24^\circ\text{C}$ , siendo  $k_2=1.1$  ¿qué temperatura se alcanzará en la casa?

20. La Figura 1A muestra un calentador de aire en el que una corriente se hace pasar por el interior de una tubería, impulsado por un ventilador, y se calienta con una resistencia eléctrica conectada a una toma de potencia.



El sistema está provisto de un ventilador, que fija la velocidad de la corriente de aire a través de la tubería, y que se opera manualmente (siempre). El aire se calienta a través de una resistencia eléctrica acoplada a un tiristor (algo así como una 'válvula'), que regula la potencia eléctrica que se disipa en la resistencia. Al tiristor llega la salida o señal de control que procede del controlador de temperatura (TC), que controla o ajusta dicha señal para corregir la desviación de la temperatura. La temperatura se mide con una termo-resistencia (TT) cuya señal depende de la temperatura, y se suministra al controlador, donde se compara con el punto de consigna para calcular el error. Se trata, por tanto, de un control de temperatura por realimentación.

a) Dibuja un diagrama de bloques que represente el funcionamiento del proceso, incluyendo todos los componentes que actúan en el mismo y reflejando la arquitectura del lazo utilizado. Describe el modo de funcionamiento en automático del controlador considerado y el tipo de acción que implementa.

b) La figura 1B muestra la respuesta del proceso (la temperatura de salida, línea punteada) al realizar un experimento en el que se introducen dos tipos de perturbaciones, una producida en el punto de consigna (línea continua) y otra producida por el incremento de la velocidad del ventilador. En este experimento el controlador opera en manual. Explique los motivos

por los que la variación del punto de consigna no afecta a la temperatura, mientras que la modificación de la velocidad del ventilador sí lo hace.

c) Considera que el controlador de temperatura (TC) tiene implementado un algoritmo de control PID en realimentación operando en automático. Dibuja la respuesta frente a las perturbaciones indicadas en el apartado anterior y los parámetros que caracterizarían dichas respuestas.

21. Considera el diagrama de bloques de un controlador feedback como el que aparece en la siguiente figura. Determina los valores de  $K_c$  que hacen estable al lazo de control cerrado.

