

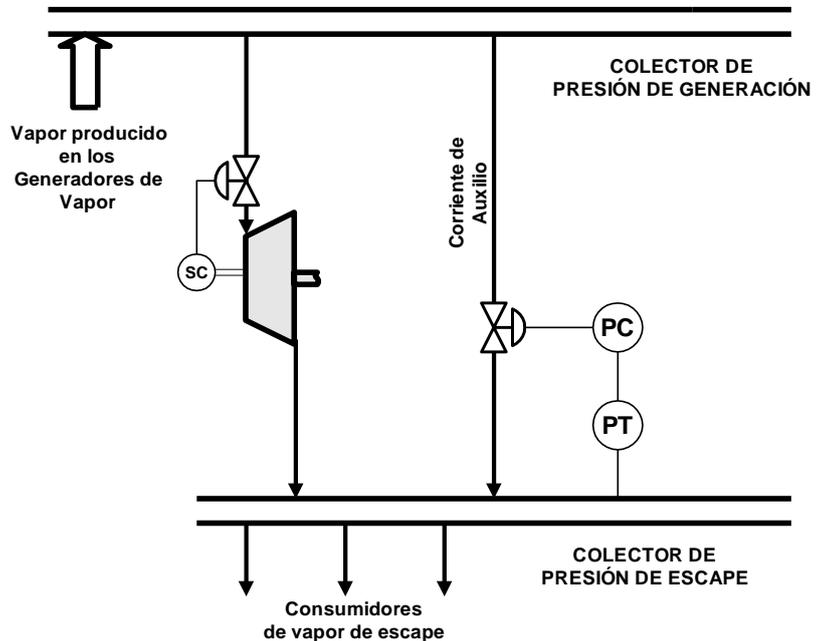
# CONTROL DE PROCESOS

## EXAMEN FINAL – Marzo de 2015

### TEMA 1

Una fábrica que genera su propia energía eléctrica posee un colector de alta presión (valor nominal de trabajo: 20 bar) que es alimentado por dos calderas. De este colector se surten turbinas de contra-presión (que tienen su propio sistema de control de velocidad) tal como se esquematiza en la figura. El vapor de escape (valor nominal de trabajo: 2 bar) es aprovechado varios procesos que requieren de este fluido como medio de calefacción.

La presión del colector de alta presión es mantenida constante por un sistema de control. Para asegurar que la presión de escape se mantenga dentro de un margen razonable de presiones, de acuerdo a las necesidades operativas de las turbinas y de los consumidores de vapor, existe un sistema de control de presión manipulando el flujo de vapor de auxilio con las siguientes características:



**TRANSMISOR:** lineal alcance (0-3 Bar). Retardos despreciables.

**VÁLVULA:** característica inherente lineal. Dinámica despreciable

**PROCESO:** dominado por una constante de tiempo (asociada a la capacidad de acumulación de energía) prácticamente constante y un tiempo muerto mucho menor (al menos 7 veces) y que considera la naturaleza distribuida del proceso y que es inversamente proporcional al caudal de vapor. Como el Balance de Energía gobierna el trabajo del sistema, la ganancia del proceso es groseramente proporcional a la inversa del caudal.

**CONTROLADOR:** PID, ajustado con acciones proporcional e integral

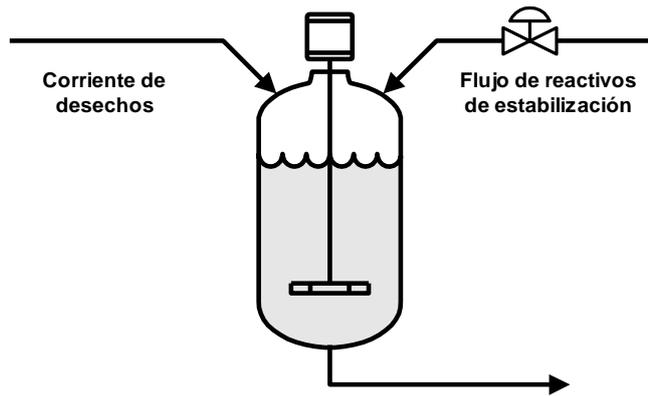
El análisis de los registros de consumos indica que el vapor derivado por la válvula de auxilio para cubrir el desbalance entre escape de turbinas y consumidores se establece entre 10 y 40 tn/h.

- Analice como sería el comportamiento del lazo con control proporcional. Para esto, primero, sintonice el controlador considerando los estados de carga entre los que debe trabajar el sistema
- Analice como será la respuesta del lazo a perturbaciones. ¿El período de la respuesta cambia de acuerdo al caudal de vapor con el que trabaje? Si la respuesta es positiva estime la relación entre el máximo y mínimo período de oscilación.
- Ajuste robustamente el controlador con acciones proporcional e integral.
- Haga el análisis para la atenuación de la respuesta. ¿Cree que habrá cambios para los distintos caudales de trabajo?
- Considere que el caudal de uno de los consumidores aumenta en forma abrupta. Indique la secuencia de eventos que se producen para el restablecimiento del set point. Bosqueje como sería la respuesta considerando que el estado estacionario inicial del caudal de auxilio es 10 y 40 tn/h.
- ¿Considera acertada la elección de la característica de flujo? En caso negativo, ¿cuál sería la mejor alternativa?

## TEMA 2

Una corriente de desechos que provienen de un proceso previo que contiene diversos contaminantes se alimenta un tanque que actúa por rebosamiento donde se producirán reacciones de estabilización por el agregado de diversos agentes que se alimentan a través de otra corriente.

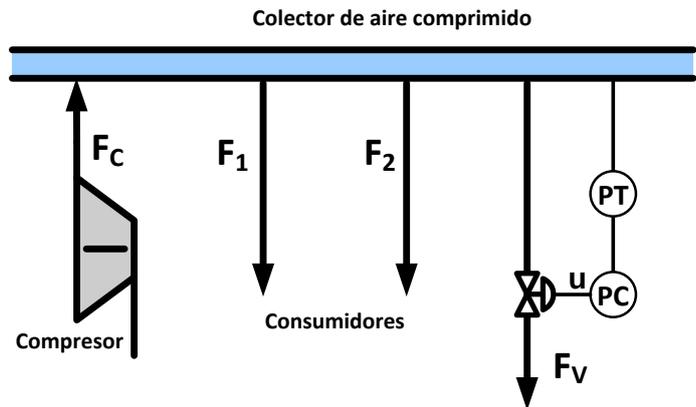
- (A) Idee una estrategia de control que asegure una proporción constante entre el flujo de desecho (que varía según el ritmo de producción) y el flujo de los agentes de estabilización.
- (B) Exprese la estrategia con un diagrama en bloques y uno P&I.
- (C) Proponga tres alternativas para los elementos de medición que requiere la estrategia.



**CONTROL DE PROCESOS**  
**EXAMEN FINAL – Diciembre de 2016**

**TEMA 1**

Un colector de aire comprimido tiene el sistema de control que se muestra en el diagrama P&I. Se suministra aire a presión con un compresor centrífugo que proporciona un caudal (máscico)  $F_C$ . Hay dos líneas de consumidores con caudales  $F_1$  y  $F_2$  /máscicos) que requieren aire a una presión acotada de 20 bar ( $\pm 0.1$  bar). El lazo de control apunta a este objetivo manipulando el flujo de  $F_V$ . Los valores estacionarios de trabajo son:



	$F_C$	$F_1$	$F_2$
mínimo	80.0	10	20
máximo	80.1	40	30

El sistema de control tiene las siguientes características:

- La **válvula de control** tiene una ecuación de flujo  $F_V = C u p$  (C: coeficiente de flujo, u señal de control, p presión aguas arriba, que es la del colector). Esto se debe a que se establece un régimen de flujo crítico. Reacción instantánea.
- **Transmisor**: lineal con una dinámica de dos elementos de primer orden de constantes de tiempo  $\tau_T$  (constantes y dos órdenes de magnitud menor que el tiempo de residencia del colector)
- **Controlador** PID electrónico, con señales compatible con el transmisor y la válvula.

- (a) Analice el sistema de control. Represente el sistema de control con un diagrama en bloques en el que ponga en evidencia la influencia de todas las perturbaciones que considere que son relevantes.
- (b) Un pasante de la carrera de Ingeniería Química propuso el siguiente modelo dinámico para describir el proceso a controlar

$$F_C - F_1 - F_2 - F_V = \frac{d m}{dt} \quad \text{válida la ecuación de estado } p V = Z \frac{m}{M} R T \quad (Z \text{ y } T \text{ supuestas constante})$$

Verificar que la función de transferencia que relaciona la señal de control u con la presión en el colector viene dada por:

$$\frac{\Delta p(s)}{\Delta u(s)} = G_V(s) G_P(s) = \frac{-p}{\tau s + 1}$$

$$\tau = \frac{M V}{Z R T C u} = \frac{M p V}{Z R T F_V} \quad (\text{Tiempo de residencia del colector})$$

- (c) Sintonizar en forma robusta un controlador con acción proporcional únicamente.
- (d) ¿La atenuación de la respuesta es distinta según qué condiciones de consumo de aire  $F_1$  y  $F_2$  se establezcan? Si su respuesta es afirmativa, indique para qué valores de consumo la respuesta es más atenuada.

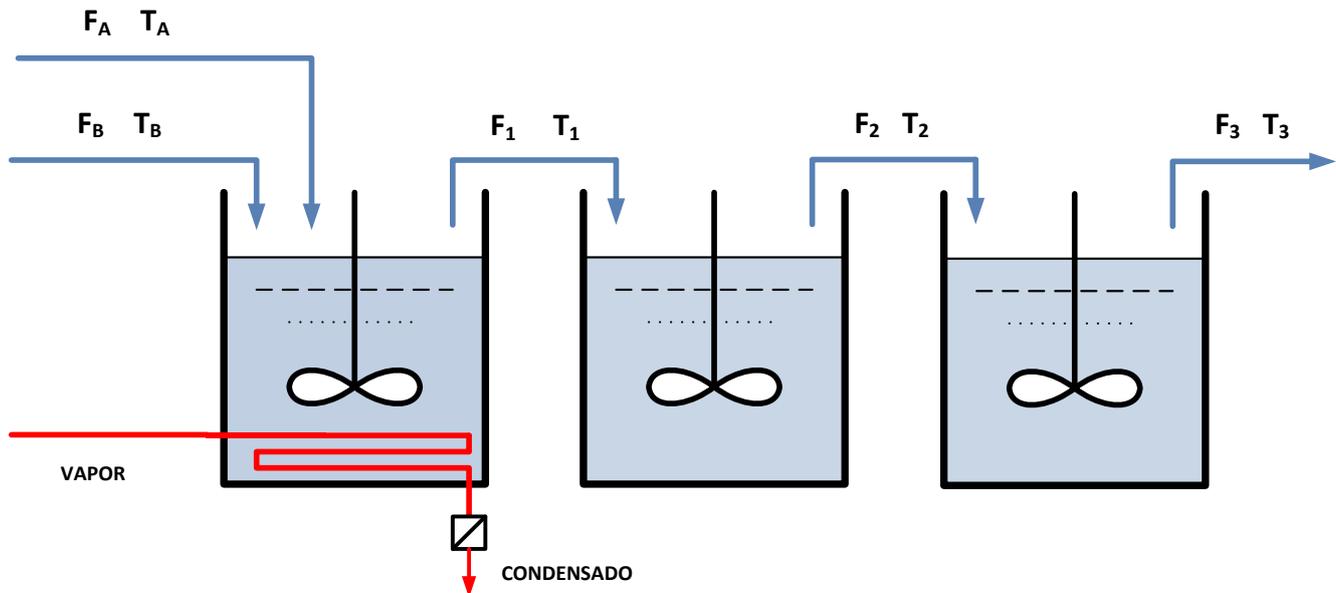
**TEMA 2**

Elija un ejemplo de control por rangos. Indique en qué consiste la estrategia de control y que elementos necesita para implementarla.

**CONTROL DE PROCESOS**  
**EXAMEN FINAL – Febrero 2020**

**TEMA 1**

En la figura se presenta un sistema de tres tanques en serie, bien agitados, de la misma capacidad, en el que se calientan dos corrientes de agua con vapor que condensa en el primer tanque. Se mezclan una corriente ( $F_A$ ) que puede tomar valores en condiciones estacionarias entre 10 y 20 y una corriente  $F_B$  con caudales normales de operación entre 15 y 30. Las temperaturas de ambas corrientes son distintas pero permanecen prácticamente sin cambios.



Se instala un sistema de control con la siguiente instrumentación:

**TRANSMISOR** de temperatura con señal electrónica. Tiene una precisión de  $\pm 0.1\%$  Span (incluyendo linealidad) y respuesta instantánea. Está ubicado en el tercer tanque.

**VÁLVULA** instalada en la línea de vapor con accionamiento neumático que no tiene una dinámica significativa. Está en una línea que tiene una muy baja pérdida de carga (menor al 2 % del total disponible). La característica de flujo inherente es lineal. Conversor electro-neumático montado en la válvula.

**CONTROLADOR** convencional PID.

- Esquematice el lazo de control con un diagrama P&I y en bloques indicando la naturaleza de cada una de las señales/variables involucradas. Indique al menos dos perturbaciones y cuál es el objetivo de control
- El asistente de la Oficina Técnica, estudiante de Ingeniería química, modeló el proceso a controlar y obtuvo la siguiente función de transferencia:

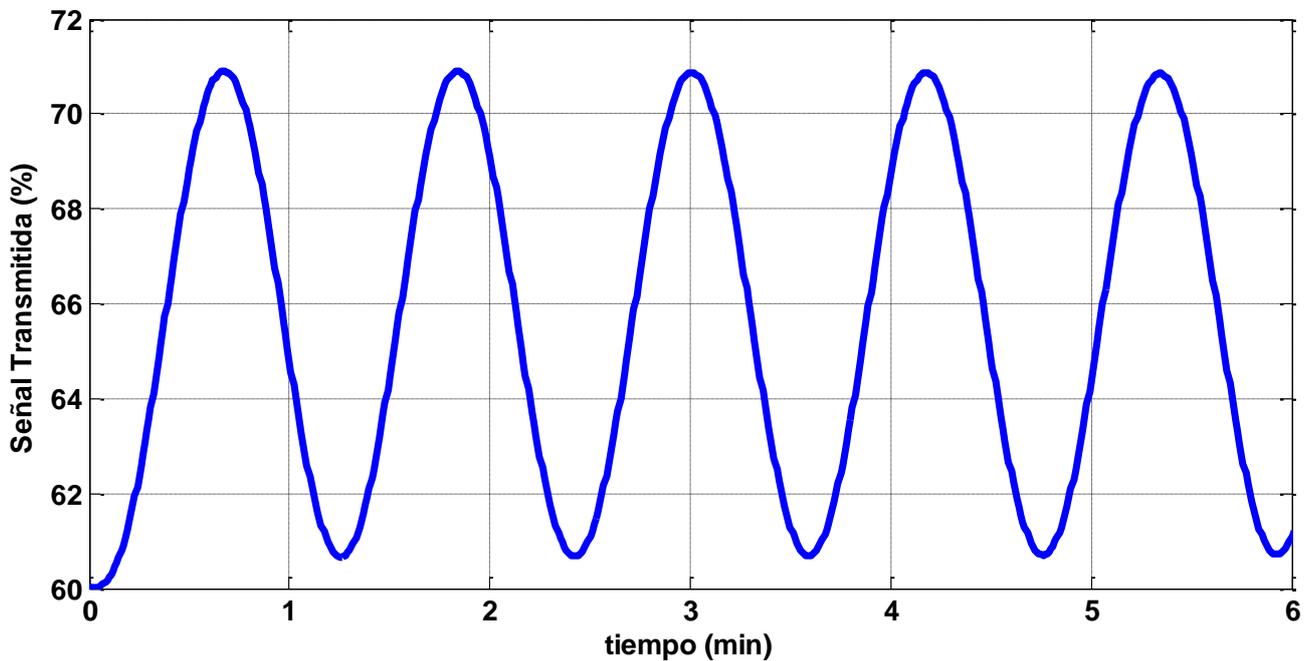
$$\frac{\Delta T_3(s)}{\Delta W(s)} = \frac{K_P}{(\tau s + 1)^3} = \frac{\frac{\Delta H}{(F_A + F_B)\rho C_P}}{\left(\frac{V}{F_A + F_B} s + 1\right)^3} = \frac{\frac{\Delta H}{(F_A + F_B)\rho C_P}}{\left(\frac{V}{F_A + F_B} s + 1\right)^3}$$

Indique si es correcta la afirmación del asistente. ( $\Delta H$  es el calor latente de vaporización del vapor que se condensa en el serpentín del primer tanque).

- Considere la siguiente situación: circulan los menores caudales  $F_A = 10$  y  $F_B = 15$ . Se ajusta el controlador con acción solo proporcional con  $K_c = 2.8$ . La respuesta a una perturbación produce la respuesta de la variable transmitida que se observa en la figura. ¿Está bien sintonizado el controlador?

(d) Sintonice el controlador con acciones proporcional e integral.

(e) ¿Usar una válvula con característica inherente de apertura rápida hubiera producido una mejor respuesta del lazo?



## TEMA 2

El diagrama P&I de la figura corresponde a una estrategia de control de relación. En el tanque se mezclan dos corrientes de agua, una proveniente de condensados ( $F_A$ ) y otra extraída de un pozo ( $F_B$ ). El tanque trabaja por rebosamiento.

Indicar:

- ¿Cuál es el objetivo de la estrategia en este caso particular?
- Confeccione el diagrama en bloques de la estrategia de control
- ¿Cuál es la función que cumple la estación de relación?
- Proponga al menos dos dispositivos de medición para usar en la estrategia
- Elija la acción de la válvula y el controlador.

