



## Introducción al control industrial Parcial 2 - (45 puntos) - 2023

### Ejercicio 1 (20 puntos)

Se desea realizar la limpieza del Tanque de Proceso de la Figura. El proceso inicia cuando el operador presiona 'Start' en el Panel de Operación. El Panel cuenta además con una llave de dos posiciones que activa/deshabilita la recuperación del ácido.

El proceso consiste en un enjuague con agua y luego una limpieza con ácido.

#### Subproceso de Enjuague con agua

1. El enjuague comienza con un "empuje" de agua recuperada de 20 pulsos de acuerdo al caudalímetro de pulsos FT. Se enviará a drenaje el contenido del tanque durante el empuje.
2. Se enjuagará luego con agua fresca durante 3 minutos. Si en algún momento el sensor de flujo FS no detecta presencia de agua fresca se deberá utilizar agua recuperada del Tanque de Agua Recuperada. El agua recuperada se deberá tirar a drenaje. En este caso el proceso se extenderá 3 minutos más (6 minutos de enjuague en total).
3. Se realizará el vaciado del tanque hasta que el sensor LL indique '0' y se continuará vaciando 1 minuto más para asegurar el escurrido de las paredes del tanque.

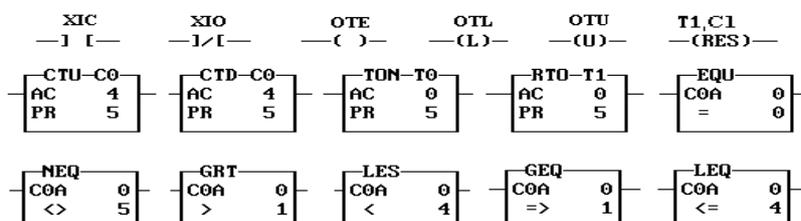
Nota: Durante el enjuague y posterior vaciado de Agua Fresca se enviará el retorno al Tanque de Agua Recuperada para aumentar la eficiencia del proceso. Para el caso de uso de Agua Recuperada, la misma se enviará a drenaje.

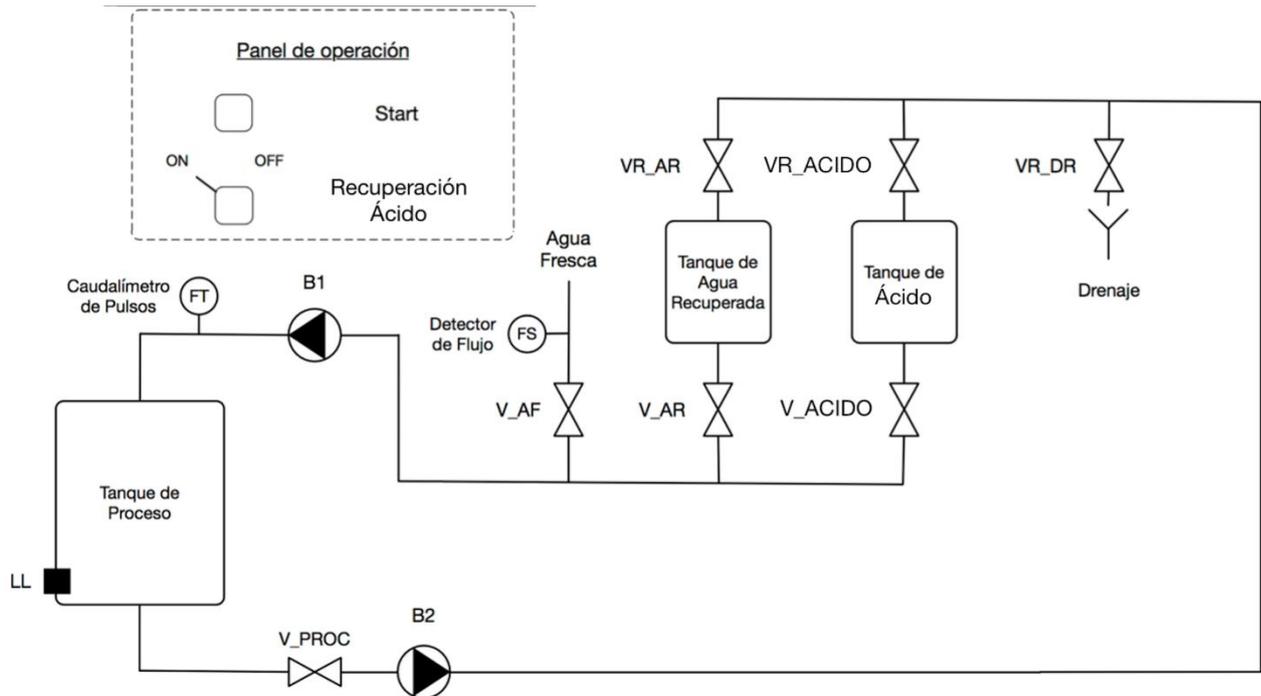
#### Limpieza con ácido acético

1. Se enviará ácido durante 1 minuto para la limpieza del tanque luego de que el sistema reciba la señal "Ácido en temperatura correcta". Hasta tanto el sistema no cuente con esta entrada digital encendida, se deberá esperar indefinidamente.  
El ácido deberá recuperarse al tanque de ácido en caso de encontrarse encendida la selectora 'RA' de "Recuperación de ácido", o enviarse a drenaje en caso contrario.
2. Se vaciará el tanque hasta que el sensor LL indique '0' y se continuará vaciando 1 minuto más para asegurar el escurrido de las paredes del tanque. El destino del vaciado del tanque dependerá de la selectora de "Recuperación de soda" al igual que en 1).

Previo al cierre de la válvula V\_PROC al final del proceso, se deberá apagar la bomba B2 cinco segundos antes para evitar un golpe de ariete. No es necesario tomar esta precaución entre un enjuague y una limpieza con ácido.

- 1) Realizar un diagrama de estado que represente el funcionamiento del sistema, describiendo que representa cada estado y los eventos asociados.
- 2) Realizar un programa ladder que implemente lo definido en 1, pudiendo utilizar en las instrucciones direcciones no reales sino los mnemotécnicos definidos durante el ejercicio y otros como se vió en clase. Comentar las líneas de ladder o grupos de líneas, haciendo referencia al diagrama de estado definido.





**Problema 2 (9 puntos – 3 puntos por cada correcta)**

- 1) Describa cómo se ve afectado el sobretiro y el error en régimen al aumentar las constantes proporcionales, integradoras y derivativas en un PID.  
¿Qué es el efecto de windup de un controlador PID?
  
- 2) Describa el ciclo de operación del PLC e ilústrelolo con un diagrama de bloques.  
¿Qué sucedería si una variable varía con una frecuencia mayor que la del ciclo de operación?
  
- 3) Comente las ventajas y desventajas de utilizar un controlador de dos posiciones.  
¿Es adecuado para controlar procesos de capacitancias grandes? ¿Porqué?

**Problema 3** (8 puntos)

Se quiere ajustar el sistema de control de temperatura de un tanque de fermentación de cerveza. La capacidad calorífica CC total del tanque se estima en  $60 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$ . Se sabe que las pérdidas de calor varían dependiendo la estación del año entre 500 y 1000 W, siendo su valor típico 800 W.

Se cuenta con un calefactor que tiene la posibilidad de entregar 0 W (apagado), 900 W (en modo Lo), o 1400 W (en modo Hi).

La temperatura deseada dentro del tanque es de entre  $60$  y  $70$   $^\circ\text{C}$ ; y se cuenta con un sensor que mide la temperatura T dentro del mismo, que se supone homogénea.

- Teniendo en cuenta las especificaciones anteriores, complete el diseño del sistema de control, justificando sus decisiones. Obtenga las ecuaciones de calentamiento y enfriamiento del tanque para el caso de pérdidas típicas.
- Trace una gráfica aproximada de la respuesta del sistema  $T(t)$  para el caso de pérdidas típicas y otra gráfica de la potencia entregada por el calefactor en función de la temperatura T indicando explícitamente cómo se interpreta este gráfico y calcule el período de oscilación.

**Problema 4** (8 puntos)

Se tiene una cierta planta que tiene una respuesta al escalón unitario como la de la figura.

- Determinar los parámetros del modelo de la planta. Expresar el modelo obtenido como una función de transferencia.

Se implementa un control realimentado colocando un controlador PI en serie con la planta. El PI tiene una estructura estándar y la constante de tiempo de acción integral,  $T_i$ , vale 0,1 seg.

- Determinar la estabilidad del sistema de control, en función de la constante del modo proporcional,  $K_p$ .

