

Guía de problemas N° 1

Escurecimiento en ductos de fluidos incompresibles

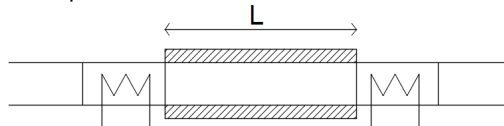
Recomendamos que antes de asistir a las clases prácticas, vea el ejercicio que se encuentra en la plataforma EVA junto con el video de su resolución, donde se detallan elementos fundamentales para la resolución de todos los ejercicios de esta guía. Además, se sugiere que realice los problemas de resolución previa.

Semana 1

Al finalizar los ejercicios de esta semana, podrá realizar las preguntas 1 a 7 del cuestionario de autoevaluación que se encuentra en la plataforma EVA.

Problemas de resolución previa

- p.1 La pasteurización es un proceso térmico que se diseña para eliminar los microorganismos patógenos y disminuir la carga microbiana del producto a un valor aceptable para el consumo. En un proceso continuo de pasteurización de un producto alimenticio, éste se puede calentar y mantener a altas temperaturas durante tiempos cortos con el fin de obtener un producto de buena calidad y seguro del punto de vista sanitario. Un parámetro crítico del proceso es el tiempo durante el cual el producto estará sometido a elevadas temperaturas: este debe ser suficiente para disminuir la carga microbiana al valor deseado, pero no debe ser excesivo, ya que esto puede conducir a una disminución en la calidad del producto. Por tanto, el tiempo mínimo requerido está determinado por la cinética de muerte de los microorganismos. Para determinar el largo de cañería por la cual el producto fluirá cuando se encuentre a la temperatura del proceso, es necesario estimar el tiempo mínimo que debe permanecer el fluido en la cañería en esas condiciones de temperatura.



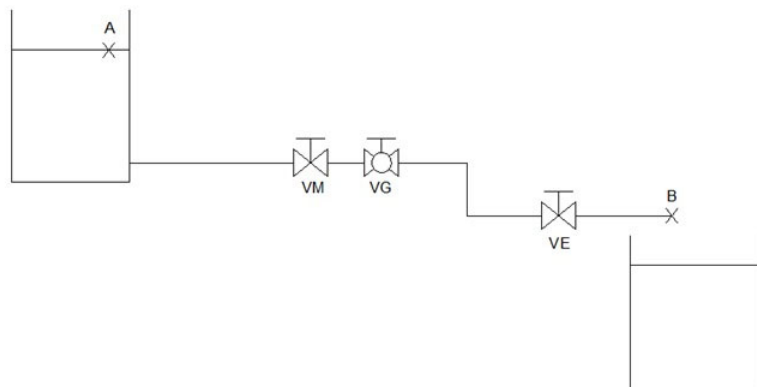
Se dispone de una cañería horizontal de $\Phi_N = 1\frac{1}{2}$ " (diámetro nominal 1,5 pulgadas) de acero comercial Sch 40, cuya longitud L ha sido diseñada para pasteurizar un flujo masa de 5000 kg/h de un jugo concentrado que presenta comportamiento newtoniano ($\rho = 1250 \text{ kg/m}^3$ y $\mu = 0,324 \text{ kg/(m s)}$) a 85°C . Considere que las propiedades de los fluidos se mantienen constantes con la temperatura.

- Si el tiempo mínimo requerido para la pasteurización del producto newtoniano es 20 s a 85°C , determine el largo de cañería L .

Respuesta: $L_{\min} = 34 \text{ m}$

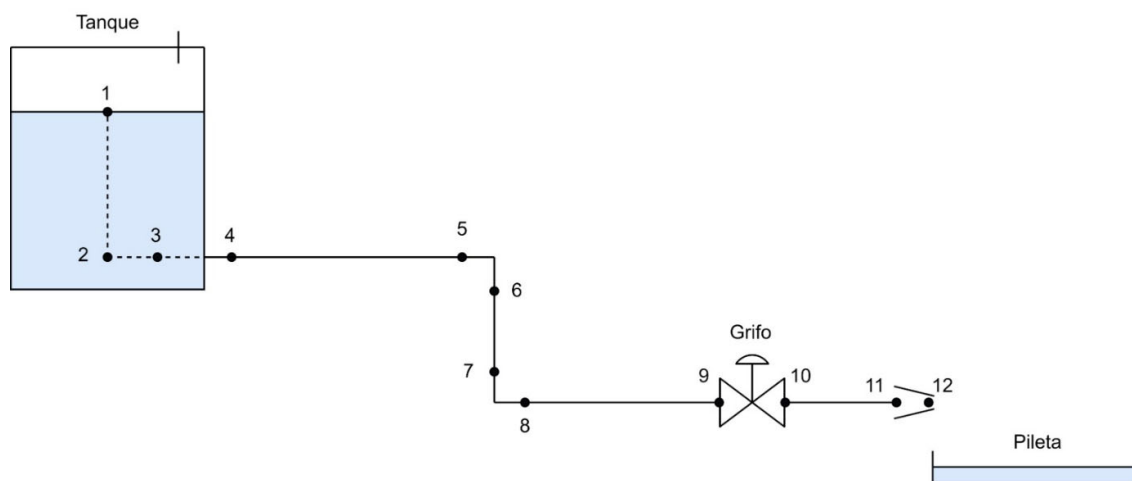
- p.2 Considere el sistema esquematizado en la figura, donde la longitud total de cañería de acero comercial (IPS Sch 40 de $\Phi_N = 2''$, $\varepsilon = 4,5\text{E-}5 \text{ m}$) es de 30 metros y los accesorios presentes son los siguientes:

- Dos codos estándares de 90°
 - Entrada a cañería de cantos vivos
 - VE: Válvula esclusa completamente abierta (esclusa = compuerta)
 - VG: Válvula globo estándar completamente abierta
 - VM: Válvula Mariposa completamente abierta
- a) ¿Cuál es la longitud equivalente entre los puntos A y B? Considere flujo completamente turbulento.
- Respuesta: $L_{eq} = 55 \text{ m}$**
- b) ¿En qué rango puede variar la constante de pérdida de carga de la VG si esta se encuentra parcialmente cerrada?



Problemas de resolución en clase

- c.1 Desde un tanque con agua se abastece un grifo que descarga en una pileta. La descarga en el punto 11 se realiza mediante una reducción del diámetro de cañería. **Represente cualitativamente en un mismo gráfico la presión estática entre 1 y 12 en función de x (siendo x la longitud de la trayectoria entre los puntos numerados), para la condición del grifo totalmente abierto (TA) y para la condición del grifo parcialmente cerrado (PC).**



- c.2 Dentro de un galpón de una planta de montaje automotriz se ubica una cabina para pintar carrocerías. Esta cabina tiene un sistema de ventilación forzada compuesto por un ducto horizontal y de sección rectangular de 30cm x 20cm, desde cuyo extremo inicial un ventilador impulsa el aire hacia el exterior. La longitud de la conducción es 15 m, y la rugosidad absoluta del material de las paredes del ducto es 0,15 mm.

Determine el incremento de presión entre la cabina y la sección de descarga del ventilador, para que el caudal de aire sea de 1500 m³/h expresado en condiciones estándar (15°C y 1 atmósfera).

- Considere que la presión atmosférica en la cabina es 1020 HPa (hectopascal) al igual que la presión exterior, la temperatura de la cabina es 25°C y en el exterior es 15°C.
- Puede despreciar la variación de densidad del aire en el ducto.
- La constante de pérdida de carga de la entrada puede considerarse igual a 0,5.
- El caudal en condiciones estándar es el caudal que tendría el flujo másico real si tuviera esta presión y temperatura (es aplicable la Ley de Gases Ideales)

Semana 2

Al finalizar los ejercicios de esta semana, podrá realizar las preguntas 8 a 11 del cuestionario de autoevaluación que se encuentra en la plataforma EVA.

Problemas de resolución previa

p.3 Un proceso demanda el bombeo de un caudal variable entre 4 y 6 m³/h. Se dispone de cañerías IPS Sch 40 de diámetros nominales 1/4, 1/2, 3/4, 1, 1 1/4, 1 1/2, 2. **Seleccionar el diámetro nominal de cañería a instalar, sabiendo que la velocidad recomendada para agua en cañería es de 1 a 3 m/s.**

p.4 Un equipo como el diseñado en el ejercicio p.1, de 35 metros de largo, se utiliza para pasteurizar jugo de manzana ($\rho=1200 \text{ kg/m}^3$) que presenta un comportamiento no newtoniano con un coeficiente de consistencia de $m=2,4 \text{ Pa.s}^n$ y que sigue la ley de potencia con un $n=0,44$. El tiempo mínimo requerido para la pasteurización del jugo de manzana es de 20 segundos.

Indique si el largo del equipo es adecuado para el tratamiento de 5000 kg/h de jugo de manzana.

Respuesta: Sí, es adecuado ($t \geq 20 \text{ s}$)

Datos adicionales:

Considere que las propiedades de los fluidos se mantienen constantes con la temperatura.

Para fluidos no newtonianos que siguen la ley de potencia se cumple:

$$Re_{\text{gral}} = \frac{\rho u^{2-n} D^n}{8^{n-1} m} \left(\frac{4n}{1+3n} \right)^n$$

$$\left(\frac{v(r)}{u} \right) = \frac{3n+1}{n+1} \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{(n+1)/n} \right]$$

Régimen Laminar:

$$\alpha = \frac{(2n+1)(5n+3)}{3(3n+1)^2}$$

Régimen Turbulento:

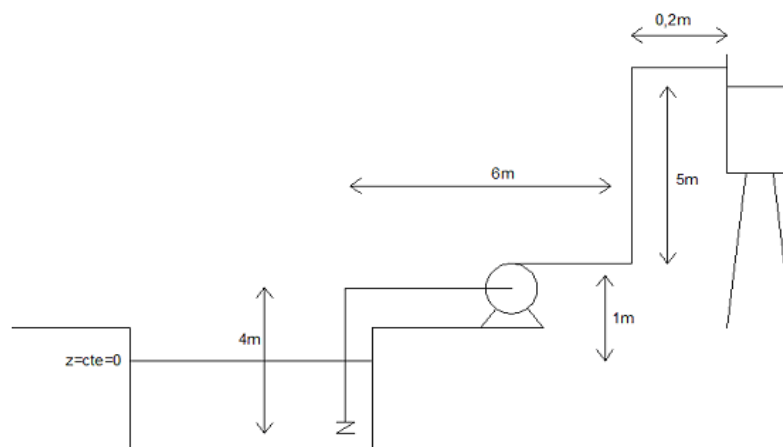
$$\alpha = \frac{4m^4(3+m)(3+2m)}{(m+1)^3(2m+1)^3}$$

p.5 Para la carga de 8 de m³/h agua en un tanque elevado mediante una bomba, se emplea una tubería de acero comercial Sch 40 de 2 pulgadas de diámetro nominal, con 4 codos estándar de 90° y una válvula de retención de pie con filtro.

a) **¿Cuál es la función de la válvula de retención de pie con filtro?**

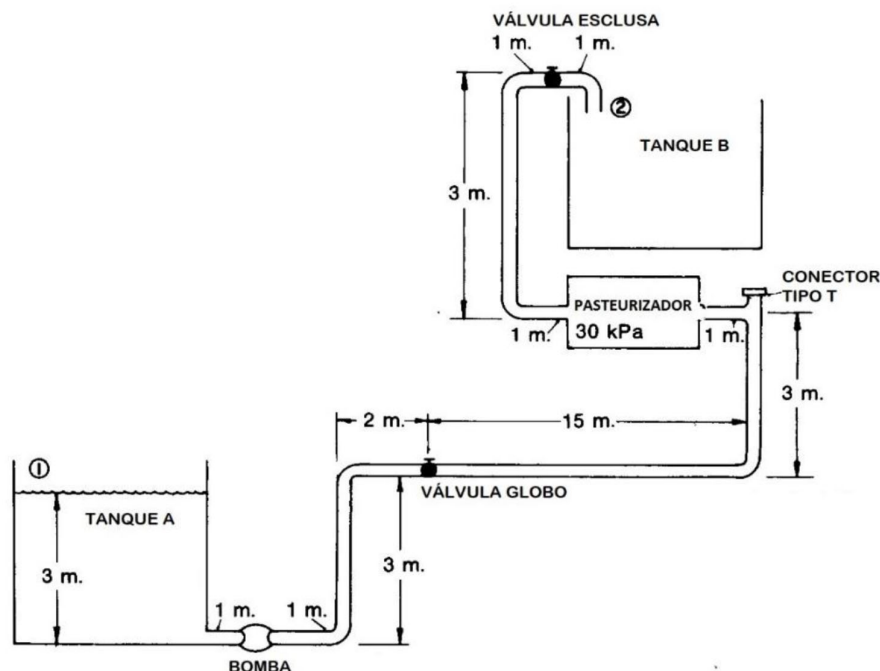
b) **Seleccione de la tabla de CRANE el tipo y diámetro nominal de la válvula que recomendaría (Asegúrese de que la VR opere totalmente abierta y si es necesario un accesorio para cambio de sección asuma que es de estrechamiento o ensanchamiento brusco)**

Respuesta: Válvula de retención de pie con obturador oscilante de 1 1/2 " .

Problemas de resolución en clase

c.3 El sistema ilustrado en la figura se utiliza para pasteurizar jugo de manzana. La cañería es lisa con un diámetro interior de 5,08 cm, el flujo masa del jugo de manzana es de 50 kg/min.

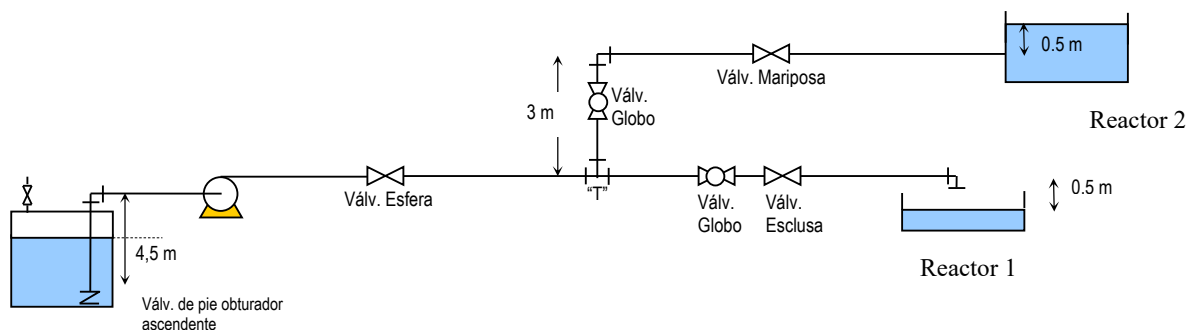
Determinar la potencia que la bomba debe entregarle al fluido para poder cumplir el proceso.



Notas: Propiedades del jugo de manzana: $m = 22 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$; $n = 0,4$; $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$. Suponga que el intercambio de calor no cambia las propiedades reológicas del fluido. Entrada a tubería de cantos vivos. Todos los codos son STD de 90° . El pasteurizador presenta una pérdida de carga de 30 kPa.

c.4 El circuito esquematizado en la figura se utiliza para alimentar aguas residuales a dos reactores biológicos que operan a nivel constante, desde un tanque de equalización. La cañería es de acero comercial Sch 80 $\phi_N = 2\frac{1}{2} \text{ in}$ y ambos reactores se encuentran a presión atmosférica. Las longitudes equivalentes en el sistema son: entre la válvula de pie y la "T": 26 metros, entre la "T" y la sección de salida del reactor 2: 48 metros y entre la "T" y el reactor 1: 42 metros.

Sabiendo que por razones de proceso se debe alimentar el reactor 2 con un caudal de $15 \text{ m}^3/\text{h}$, hallar el caudal que debe impulsar la bomba.



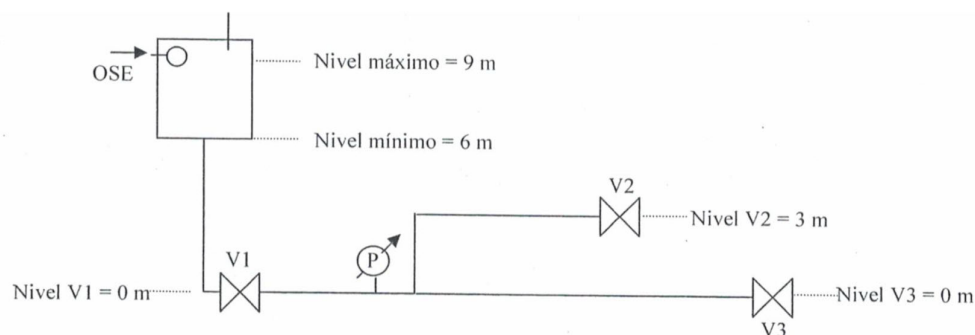
Propiedades del agua residual:

- $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$
- $\mu = 8,9 \times 10^{-4} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$

Nota: Desprecie las variaciones de presión en la T en caso de flujo dividido.

Problemas de evaluación

- e.1 Desde un tanque elevado se abastecen con agua dos niveles de una planta. El tanque elevado tiene una capacidad máxima de 12.000 L, es recargado con agua de OSE y cuenta con una boya que abre la entrada cuando baja el nivel. Para controlar el nivel del tanque se resuelve instalar un manómetro inmediatamente antes de la T como se indica en el diagrama.



- Con la información disponible ¿En qué condiciones se puede estimar el contenido de agua en el tanque, con la lectura del manómetro como única medida? Justifique.
- Si estando el tanque en su nivel máximo se corta el suministro de OSE y se abren las tres válvulas completamente hasta que se vacíe el tanque, demuestre que dejará de salir agua por V2 habiendo aún agua en el tanque.

Datos adicionales:

El tanque tiene venteo a la atmósfera.

Propiedades del agua: Viscosidad= 1×10^{-3} Pa.s; Densidad= 1 kg/L

Presión atmosférica: 0,98 bar

V1 es una válvula de compuerta. V2 y V3 son válvulas esféricas.

V2 y V3 descargan a presión atmosférica.

El sistema tiene dos codos estándar a 90°C. La salida de tanques es de cantos vivos.

En caso de flujo dividido desprecie las variaciones de presión en la T.

Todas las tuberías son de acero comercial de 1" Sch 40 ($\epsilon=4,57 \times 10^{-5}$ m).

Los largos de cañería son los siguientes: 13 m entre el tanque y la T, 11 m entre la T y la V2, 13 m entre la T y la V3.

Todos los niveles fueron medidos respecto a la misma referencia.

- La altura en el tanque cuando deja de salir agua por V2 es mayor que el nivel mínimo.
- V1 abierta, V2 y V3 cerradas.

Resultados:

Semana 3

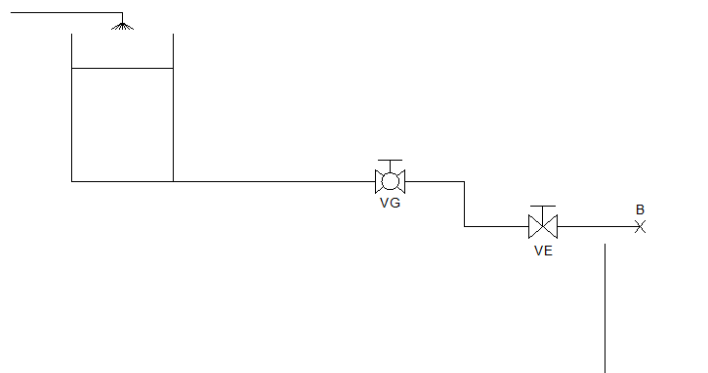
Al finalizar los ejercicios de esta semana, podrá realizar las preguntas 12 a 14 del cuestionario de autoevaluación que se encuentra en la plataforma EVA.

Problemas de resolución previa

- p.6 Un reactor se lava con agua llenándolo hasta 3 metros desde su base y luego se suspende el ingreso de agua y se vacía completamente el reactor hacia una pileta para el posterior tratamiento del agua residual. El sistema se esquematiza en la figura adjunta. La salida de cañería en el punto B hacia la pileta se encuentra 2 metros por debajo de la base del tanque.

Determine el tiempo total de descarga del tanque.

Respuesta: $t = 13$ min.



Datos adicionales:

Cañería de acero comercial IPS Sch 40 de diámetro nominal 2".

Longitud equivalente en la descarga: 15 metros.

El reactor tiene base circular de 1,5 metros de diámetro.

En las condiciones de trabajo puede considerarse régimen completamente turbulento.

- p.7 Se desea diseñar un sistema para bombear agua desde un tanque de agua desmineralizada hacia el laboratorio de una industria de procesos. En el depósito, se encuentra una válvula globo en perfecto estado, pero no se cuenta con las especificaciones del fabricante. Para poder determinar el caudal máximo de agua desmineralizada con el que podría disponerse en el laboratorio, es necesario determinar la constante de pérdida de carga de la válvula globo en posición completamente abierta.

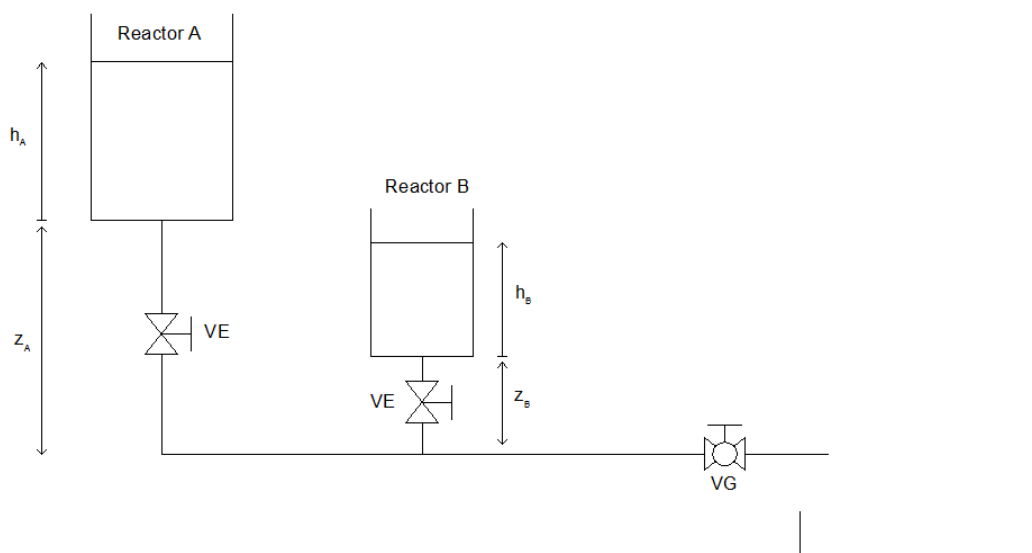
Describe el sistema que utilizaría y los datos que recabaría para determinar la constante de pérdida de carga de la válvula globo en forma experimental.

Respuesta: $K_{VG} = 20,5$ (con datos del Anexo)

Problemas de resolución en clase

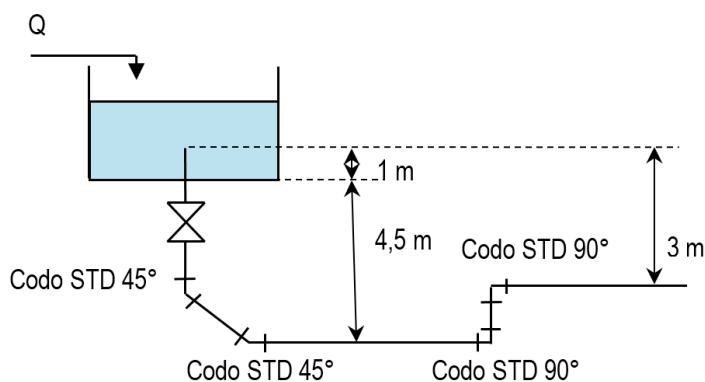
- c.5 Considere el sistema esquematizado en la figura, utilizado para descargar el contenido de dos reactores que operan a presión atmosférica, donde se conocen las alturas hasta las bases de los tanques (z_A y z_B), las secciones de los reactores (S_A y S_B) y todas las longitudes equivalentes del sistema (Le_1 desde el reactor A hasta la T, Le_2 desde el reactor B hasta la T y Le_d desde la T hasta el punto de descarga). Los niveles máximos de los reactores se encuentran a 1 metro por debajo de sus bordes superiores.

- Evalúe si es posible que durante el proceso de descarga (con todas las válvulas completamente abiertas) el contenido en el reactor B aumente.**
- El operario de turno encargado de descargar los reactores abre completamente las válvulas de descarga, pero no advierte que la válvula globo se encuentra completamente cerrada. Detalle cómo determinaría el tiempo que pasaría hasta que el reactor B comience a desbordarse, si los reactores se encuentran inicialmente en sus niveles máximos.**



c.6 Se alimentan $18 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua a 15°C al tanque abierto de la figura. Cuando el agua alcanza el nivel del caño de desborde (entrada con resalte al interior) y estando la válvula esclusa abierta comienza a descargar hacia el exterior. La cañería es de acero comercial ($\epsilon = 4,5\text{E-}5 \text{ m}$) IPS Sch 40 $\phi_N = 2''$ con una longitud de 25 m. El tanque es de sección cuadrada, de 1 metro de lado.

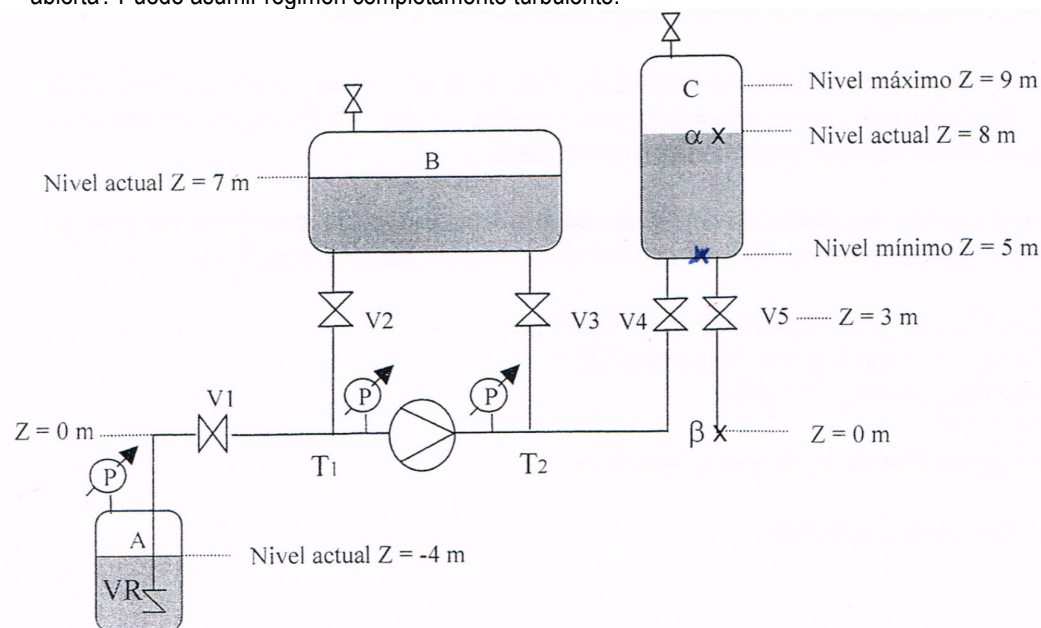
- Determine el nivel en el tanque cuando se alcance el estado estacionario
- Calcule el tiempo requerido para que el nivel del agua en el tanque llegue a 10, 1, 0.1 y $1 \times 10^{-3} \text{ cm}$ del nivel de estado estacionario, partiendo del tanque vacío.



Problemas de evaluación

e.2

- a) En el sistema de la figura, estando parcialmente abiertas las válvulas V1, V2, V3 y V4, y estando cerrada la válvula V5, las lecturas de los manómetros son las siguientes: 0.6 bar para el manómetro del tanque A (P_i), 0.5 bar para el manómetro que se encuentra a la izquierda de la bomba (P_{ii}) y 1.0 bar para el manómetro que se encuentra a la derecha de la bomba (P_{iii}). Determine si existe flujo a través de cada una de las válvulas anteriores e indique el sentido del mismo.
- b) En las condiciones de la parte a) indique para los tanques A, B y C, si el nivel se mantiene constante, aumenta o disminuye respecto a los niveles actuales.
- c) La cañería en que se encuentra la V5 tiene en su extremo inferior una tobera convergente donde se reduce el área de flujo hasta la sección de salida β . Grafique cualitativamente la presión estática en función de la altura Z entre los puntos α y β , estando V5 cerrada. Sobre el mismo gráfico represente también un posible perfil de presión estática en función de la altura Z, asumiendo que el nivel del tanque C se encuentra en la misma posición, que V5 se abre totalmente y que se ha alcanzado un estado pseudoestacionario.
- d) Estando V5 completamente abierta, con el tanque C en el nivel actual, el caudal que pasa por β es de $10\text{ m}^3/\text{h}$, ¿Cuál sería el caudal por β si el nivel de C se encontrara en el máximo con V5 completamente abierta? Puede asumir régimen completamente turbulento.



Datos adicionales:

Los tanques B y C tienen venteo a la atmósfera.

Propiedades del líquido: Viscosidad $= 2 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$; Densidad $= 1.2 \text{ kg/L}$

Presión atmosférica: 0.98 bar

Se desconoce los modelos de las válvulas V1 a V5

VR es una válvula de retención de pié con filtro.

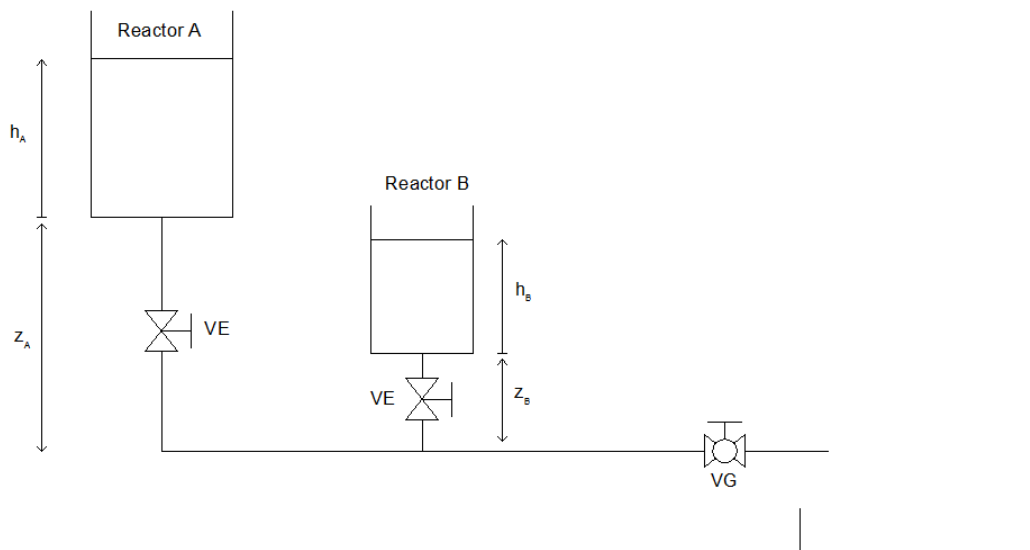
Todas las tuberías son de diámetro interno 60mm, pero por ser tuberías muy viejas no se conoce la rugosidad en las mismas.

Puede despreciarse la pérdida de carga entre T1 y T2 y las variaciones de presión en las T.

Resultados:
 a) Por V1 no hay flujo. Por V2 hay flujo desde el tanque B hacia T1. Por V3 hay flujo desde T2 hacia el tanque C. Por V4 hay flujo desde T2 hacia el tanque C.
 b) El tanque A no cambia su nivel, mientras que el tanque B disminuye su nivel y el tanque C lo aumenta.
 c) $Q = 10.6 \text{ m}^3/\text{h}$
 d) $Q = 10.6 \text{ m}^3/\text{h}$

e.3 Considere el sistema del ejercicio c.6 el cual es utilizado para descargar el contenido de dos reactores que operan a presión atmosférica.

El operario de turno encargado de descargar los reactores abre completamente las válvulas de descarga, pero no advierte que la válvula globo se encuentra completamente cerrada. Determine el tiempo que pasaría hasta que el reactor B comience a desbordarse, si los reactores se encuentran inicialmente en sus niveles máximos.



Datos adicionales:

La cañería es de acero comercial ($\epsilon = 4,5E-5$ m) IPS Sch 40 $\phi_N = 2''$

La altura hasta la base del tanque A (Z_A) es de 2,5 m

La altura hasta la base del tanque B (Z_B) es de 1 m

La longitud equivalente desde el reactor A hasta la T (incluyendo entrada a cañería) es de 15 m

La longitud equivalente desde la T hasta el reactor B (incluyendo entrada al tanque) es de 5 m.

Los reactores son cilíndricos, siendo el diámetro del tanque A 5 m y el del reactor B 4 m.

Los niveles máximos de los reactores son 3 metros para el reactor A (h_A) y 2 metros para el reactor B (h_B).

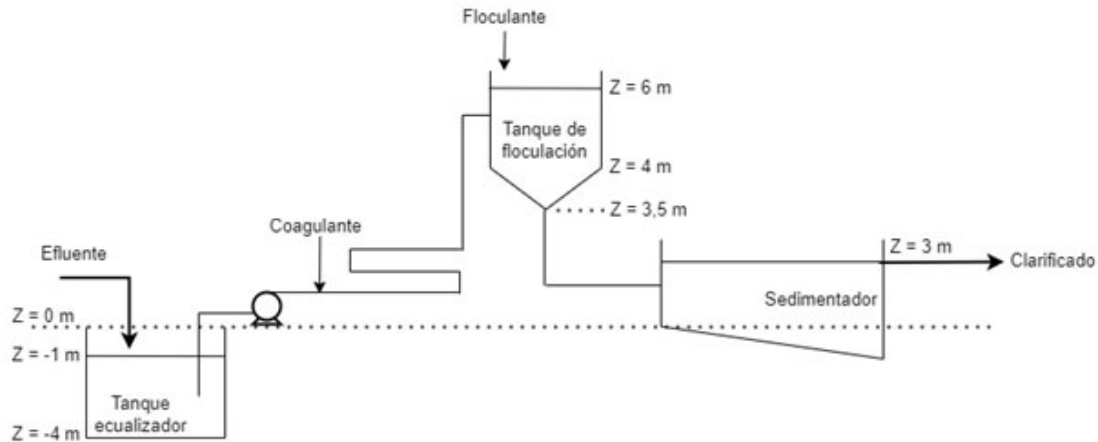
Ambos se encuentran a 1 metro por debajo de sus bordes superiores.

Propiedades del fluido: Viscosidad $= 2 \times 10^{-3}$ Pa.s ; Densidad $= 1.2$ kg/L.

El régimen de flujo puede considerarse completamente turbulento.

Respuesta: podrían pasar 50 minutos antes de que el reactor B comience a desbordarse

e.4 En una industria se tiene la siguiente planta para el tratamiento de un efluente líquido.



El efluente llega a un tanque ecualizador, desde donde se bombea hacia un tanque de floculación. Para realizar una correcta floculación, se inyecta previamente un coagulante y el fluido pasa por un sistema para favorecer la mezcla entre ambos. En el tanque de floculación se agrega el floculante y la mezcla es transportada por gravedad a un sedimentador. En éste las partículas sólidas decantan en el fondo del sedimentador mientras que el líquido clarificado sale, por desborde, por el nivel superior. Durante una operación normal de la planta, los niveles de líquido en ambos tanques, así como en el sedimentador, se mantienen constantes en los valores indicados en el diagrama.

- Determine el caudal de efluente, en m^3/h , que entra al tanque de floculación.
- Determine la longitud equivalente (L_e) del tramo de cañería comprendido entre el tanque de floculación y la sección de entrada al sedimentador.
- En determinado momento la bomba deja de funcionar. Sabiendo que se demora 15 minutos en prender la bomba de respaldo, indique si para ese instante se deja de alimentar efluente al sedimentador. Para esta parte puede suponer régimen completamente turbulento.

Datos adicionales.

Fluido: Densidad = 990 kg/m^3 ; Viscosidad = $9 \times 10^{-4} \text{ Pas}$.

Considere que las propiedades no se ven afectadas por el agregado de coagulante y/o floculante, y que el caudal de coagulante y floculante es despreciable con respecto al caudal de efluente que circula por la cañería.

Cañerías: De acero comercial IPS Sch 40 ($\epsilon = 4,5 \times 10^{-5} \text{ m}$).

La cañería entre el tanque ecualizador y el tanque de floculación tiene un diámetro nominal de $1 \frac{1}{2}"$. Largo de cañería = 50 m. Cuenta con los siguientes accesorios (no mostrados en el diagrama): 1 válvula de retención de pie con filtro de obturador oscilante, 1 "T" de flujo directo, 2 curvas de 180° de radio corto, 4 codos STD 90° y 2 válvulas de compuerta.

Para las condiciones de operación, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba es de 21 m de altura de fluido, debido a su aporte de energía mecánica.

La entrada al tanque de floculación se realiza 50 cm por debajo del nivel de líquido en ese tanque.

La cañería entre el tanque de floculación y el sedimentador es de 2" de diámetro nominal.

La entrada al sedimentador se realiza a $Z = 2 \text{ m}$, mientras que la descarga es a 3 m por encima del nivel de referencia.

Tanque de floculación: Cilíndrico de fondo cónico. Diámetro = 1,5 m.

Sedimentador: De sección rectangular de 2m x 1,5m. La parte inferior tiene una inclinación de 15° .

Ambos tanques, como el sedimentador, están abiertos a la atmósfera.

Resultados: a) $Q = 13,1 \text{ m}^3/\text{h}$; b) $L_e = 47,3 \text{ m}$; c) Se sigue alimentando efluente al sedimentador.

Anexo

Tabla 1. Medidas tomadas en un sistema de diámetro nominal de cañería 1" de acero comercial IPS Sch 40, con bombeo, una válvula de regulación y una válvula globo entre las tomas de un manómetro de presión diferencial.

Q (m³/h)	Psucción Bomba (mbar)	Pdescarga Bomba (psi)	Trabajo entregado al fluido (m)	Potencia entregada al fluido (W)	-ΔP válvula (mbar)
1,5	280	14,5	7,3	41,7	50
2,0	200	13,1	7,1	46,4	100
2,5	150	11,6	6,6	50,3	150
3,0	100	10,2	6,1	53,1	240
4,0	70	8,7	5,4	51,5	400