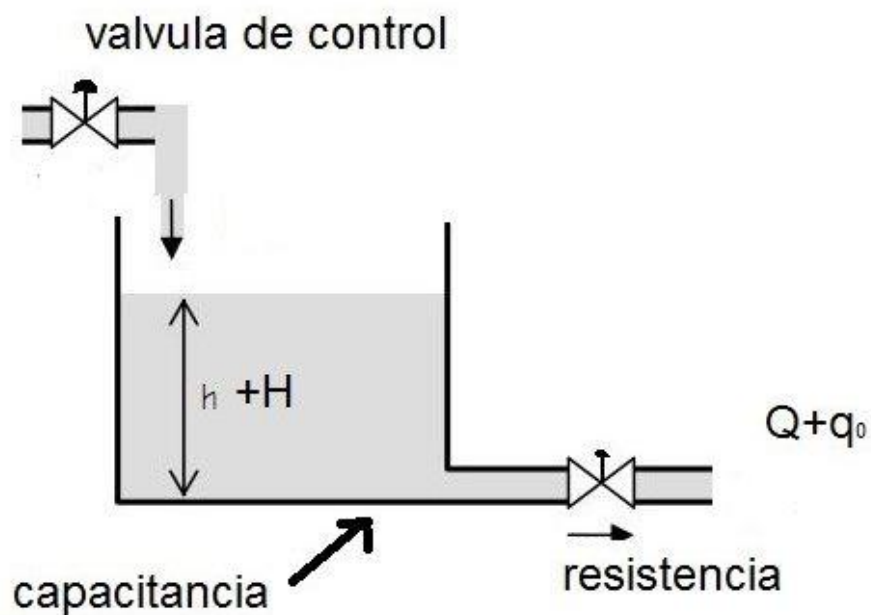


LABORATORIO DE COMPUTACION ANALOGICA DE UN SISTEMA TANQUE CON CAUDAL DE ENTRADA Y RESISTENCIA A LA SALIDA



FACULTA DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

2023

1. Introducción

Un tanque con caudal de entrada y una válvula de salida es un dispositivo fundamental en numerosos sistemas industriales y procesos de control de fluidos. Este tipo de tanque es utilizado para almacenar líquidos o gases, y su principal característica distintiva radica en su capacidad para regular el flujo de entrada y salida de sustancias. En este contexto, el caudal de entrada representa la cantidad de fluido que ingresa al tanque, mientras que la válvula de salida desempeña un papel crucial al permitir controlar la cantidad de fluido que se libera del tanque.

Este sistema se encuentra en el corazón de numerosas aplicaciones, desde la industria química y farmacéutica hasta la gestión de recursos hídricos y la producción de energía. La habilidad para controlar con precisión tanto el caudal de entrada como el caudal de salida es esencial para mantener condiciones operativas estables y seguras, lo que a menudo implica la regulación de la presión, la temperatura y la composición del fluido almacenado.

Con este laboratorio se busca relacionar los sistemas analógicos con su modelado o ecuación diferencial, con el fin de evaluar y relacionar cada tipo de modelación e

interactuar con las diferentes herramientas analógicas que nos facilitan la interacción con este tipo de problema.

2. Objetivos

- Verificar la similitud de los modelados analógicos y digital.
- Desarrollar un modelado analógico por medio de las conexiones y elementos que nos brinda el equipo del laboratorio
- Desarrollar capacidades en Matlab desarrollando los diagramas de bloques correspondientes para corroborar los datos obtenidos

3. Marco Teórico

Componentes clave:

- **Tanque:** Es el recipiente donde se almacena el líquido. El nivel del líquido en el tanque es una variable clave que se debe controlar.
- **Entrada de líquido:** Representa la fuente de flujo de líquido hacia el tanque. Puede haber variaciones en la tasa de entrada debido a diversas razones, como fluctuaciones en la demanda o cambios en las condiciones del proceso.
- **Salida restringida:** La salida del tanque se controla mediante una restricción, como una válvula o una

compuerta. Esta restricción limita la velocidad a la que el líquido puede salir del tanque y afecta el nivel del líquido.

Ecuación:

La ecuación que nos permite representar este problema se puede expresar de manera general como:

$$\frac{dh}{dt} = Q_{in} - Q_{out}$$

Donde:

- Q_{in} , es el caudal de entrada
- Q_{out} , es el caudal de salida
- $\frac{dh}{dt}$, Es la velocidad a la que varía la altura con respecto al tiempo

Además de eso podemos agregar una resistencia a la salida con el fin de evaluar los cambios que generaría implementar una válvula que controle la salida del líquido, dándonos que el caudal de salida se puede representar de la siguiente manera:

$$Q_{out} = \frac{h}{R}$$

Donde:

- Q_{out} , es el caudal de salida.
- H , es la altura del líquido del tanque.
- R , es la resistencia de la válvula o control a la salida del tanque.

Controlador PID:

Un controlador PID es un dispositivo utilizado en sistemas de control para regular el comportamiento de un sistema dinámico. Las siglas "PID" provienen de las palabras proporcional, integral y derivativo, que son los tres términos en los que basa su funcionamiento.

- **Término proporcional:** Este término proporciona una respuesta proporcional al error actual en el sistema. Esto significa que, si el error es grande, el controlador P aplicará una corrección grande y, si es pequeño, aplicará una corrección menor.
- **Término integral:** Este término acumula el error a lo largo del tiempo y aplica una corrección proporcional a la integral del error acumulado. Esto es útil para corregir errores persistentes, ayuda a eliminar el error en estado estacionario y a mejorar la precisión del control.
- **Término derivativo:** Este término considera la tasa de cambio del error. La corrección aplicada se basa en la predicción de los cambios del error en el futuro. Es especialmente útil para evitar oscilaciones excesivas y mejorar la estabilidad del sistema.

La fórmula matemática de un PID convencional es la siguiente:

$$u(x) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Donde:

- $u(t)$, es la señal aplicada al sistema,
- $e(t)$, es el error en tiempo real, ósea la diferencia entre la referencia y la salida del sistema
- K_p , K_i , K_d , son las constantes del controlador proporcional, integral y derivativo.

En el equipo en donde se realizarán las practicas es evidente la ausencia del módulo derivador, por lo que se usara un controlador PI. Pese a que esto suene a una limitación en realidad no es el caso; este tipo de controlador es el segundo mas usado a nivel mundial, y es apto para controlar sistemas de primer grado, sistemas de primer grado con tiempo muerto y sistemas de segundo grado.

Además, la parte derivativa del controlador es sensible al ruido pues este afecta constantemente la pendiente de la curva, al trabajar con computación análoga el ruido es común por lo que al diseñar un controlador PID, la constante derivativa tendría una ponderación baja.

5. Método

El método utilizado para esta práctica de laboratorio se calificó como una metodología analítica, donde se busca

comparar los datos obtenidos del laboratorio con datos teóricos en Matlab.

Por esta razón se usarán ecuaciones como porcentaje de error.

$$\%Error = \frac{|VE - VT|}{VT} * 100\%$$

Donde:

- VE, es el valor experimental
- VT, es el valor teórico

Y desviación estándar.

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Donde:

- x , es la variable
- x_i , es el iesmo dato
- \bar{x} , es la media de la variable x
- N , es el número de observaciones
- σ , desviación estándar

Todo esto con el fin de corroborar los datos obtenidos durante la práctica.

6. Materiales

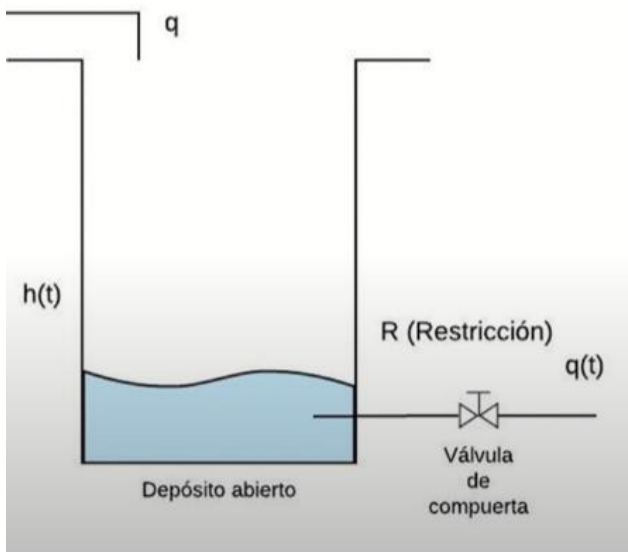
- Herramienta MATLAB
- Computador analógico
- Osciloscopio OWOON

- Computador digital
- Cable RCA
- 30 banana plugs

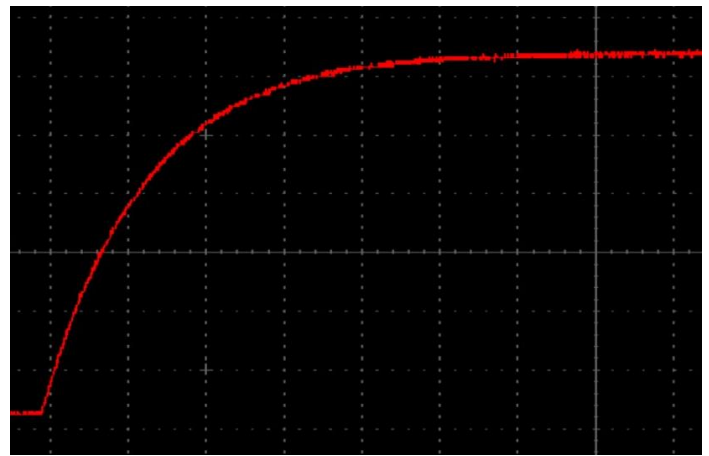
7. Modelo

Dentro del modelo que manejaremos, es el más sencillo para facilitar la comprensión de los estudiantes con respecto al modelado en un computador analógico.

Este cuenta con un tanque, caudal de entrada, y caudal de salida con restricción (válvula).



Este modelo debe dar como resultado una gráfica de crecimiento logarítmico con un punto en donde se estabiliza el flujo.



8. Procedimiento

1. El estudiante deberá resolver el modelo y llegar a la formula en caso de que el profesor lo solicite
2. Después de tener el modelado matemático el estudiante deberá realizar el respectivo diagrama de bloques en la aplicación de MATLAB en SIMULINK.
3. Con el diagrama de bloques ya hecho, se deberá realizar el circuito sobre el computador análogo.
4. Luego deberemos preparar las herramientas del laboratorio. Conectaremos el computador analógico y osciloscopio a un computador con acceso a la aplicación solicitada para visualizar las ondas; se deberán tener en cuentas la "Guía de uso rápido para osciloscopio de PC".

5. Después de tener el diagrama analógico deberemos proceder con el montaje, donde deberemos tener en cuenta las indicaciones de la “Guía rápida de manejo del computador analógico” para su correcta implementación.
6. Tomaremos medidas en 4 puntos de la gráfica obtenida para el cálculo de porcentaje de error en constantes específicas escogidas por el estudiante.
7. Se experimentará con los potenciómetros para observar los cambios que genera al variar cada uno de estos y su repercusión en la gráfica obtenida en el osciloscopio, así como su significado.
8. A continuación, el estudiante debe diseñar el controlador PI usando lógica análoga para su posterior montaje en el computador análogo.
9. Luego se deben definir los coeficientes del controlador moviendo los potenciómetros hasta obtener una respuesta suave. Además, la robustez del controlador debe ser puesta a prueba alterando la resistencia de la válvula de escape con el respectivo coeficiente.
10. Al lograr un “overshoot” pequeño con el que el estudiante este

satisfecho deberá tomar los valores de las constantes del controlador y el voltaje en ese pico.

11. Luego deberá replicar el sistema y el controlador en SIMULINK con el propósito de medir el valor del “overshoot” teórico y hacer la comparación con el obtenido experimentalmente

9. Análisis de resultados

- Explique el diagrama analógico realizado y haga una descripción de forma comparativa con el diagrama de bloques previamente desarrollado.
- ¿Qué sucede con la gráfica del modelo al variar los potenciómetros y a que hace referencia cada uno?
- ¿Qué sucede cuando el caudal de entrada es mayor al de salida y viceversa?
- En que afecta al sistema la resistencia o apertura de la válvula a la salida.
- ¿Cuál de las dos constantes de del controlador debe ser mayor y por qué?
- ¿Que define la robustez del sistema de control?
- ¿Qué parámetro del sistema afecta más la respuesta del controlador?