

**PRÁCTICA N°1**  
**Sistemas SISO**  
**Caracterización de una planta de nivel**

## Objetivos

---

- Realizar un acercamiento a una planta para el control de nivel de una tanque
- Hacer uso de la instrumentación de la planta y caracterizar el sensor principal
- Comprender el comportamiento de una planta de primer orden
- Identificar el sistema obteniendo el modelo matemático

## Teoría

---

El modelado y simulación son herramientas importantes a menudo utilizados hoy día para investigar el comportamiento del sistema en la industria y también en otros campos de la vida. Se ha vuelto relevante con el aumento de la potencia de cálculo de los computadores.

### *Función de transferencia*

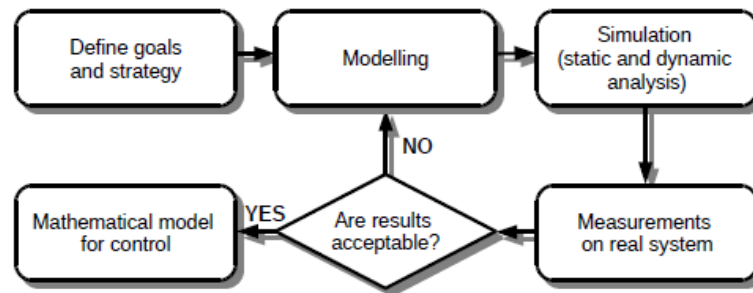
La función de transferencia es el modelo matemático que permite relacionar la respuesta de un sistema con una señal de entrada. Usualmente se usa para caracterizar las entradas y salidas de un sistema descrito mediante ecuaciones diferenciales que es lineal e invariante en el tiempo.

Debido a que considerar todos los parámetros e interacciones que ocurren en la planta se puede volver un trabajo tedioso e incluso generar modelos imposibles de resolver, generalmente se emplean una serie de constantes y simplificaciones que aproximan adecuadamente el funcionamiento de la planta dentro de un margen de error razonable.

La función de transferencia de una planta se puede obtener de diferentes formas. En la práctica a realizar se intentan cuatro métodos para alcanzarla. Estos son: el modelo matemático con ecuaciones diferenciales, método experimental, método experimental con aproximación de Padé y a través de herramientas computacionales (System Identification Toolbox de MatLab).

### *Procedimiento de simulación*

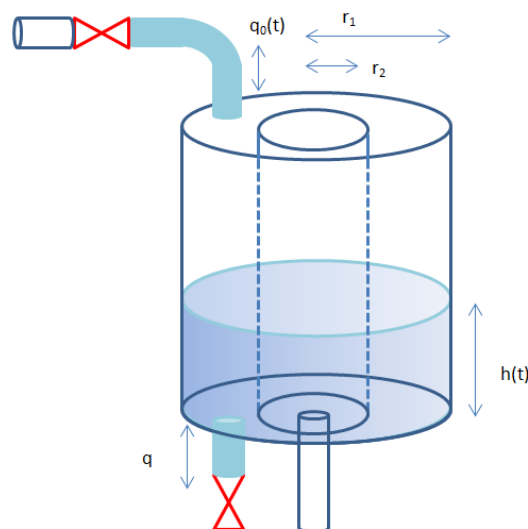
El procedimiento para la simulación de un sistema generalmente posee unos pasos comunes. Algunos autores lo describen como un conjunto con 6 pasos (Figura 1) (Vojtesek et al. 2014)



**Figura 1:** Procedimiento para un modelado general (Vojtesek et al. 2014)

### Descripción de la planta

Para el control de nivel del tanque de agua es necesario definir las características de la planta, las variables que afectan el sistema y la variable que se desea controlar. El sistema cuenta con un tanque de plástico de radio  $r_1$  y un cilindro interno de plástico de radio  $r_2$  que permite vaciar el agua sobrante cuando el tanque llega a su volumen máximo, esto con el fin de evitar un desborde peligroso de agua. El flujo de entrada  $q_0$  es controlado mediante una válvula eléctrica y la velocidad, mediante una bomba hidráulica, el flujo de salida  $q$  es controlado mediante una válvula manual. En la se presenta el modelo esquemático de la planta.



**Figura 2:** Esquema de los principales componentes de la planta

### Especificaciones

- El flujo de entrada es función del tiempo.  $q_o(t)$
- El flujo de salida es función lineal de la altura del tanque
- Por el tanque transita un fluido Newtoniano
- Propiedades físico-químicas constantes
- El área del tanque es constante
- Variable fundamental: masa (análisis por conservación de la masa).

#### Planta a controlar

- Sistema: Tanque de sección circular.
- Límites: Paredes internas del tanque.
- Entrada: Flujo de alimentación del tanque  $q_o$ .
- Salida: Flujo de vaciado del tanque  $q$ .

El modelo matemático para el control de nivel del líquido en un tanque se basa en la ley de la conservación de la masa o la ecuación de la continuidad, la cual fue enunciada por Antoine Lavoissier: "La suma de las masas de las sustancias reaccionantes es igual a la suma de las masas de los productos" lo que indica que la materia no se crea ni se destruye, sólo puede ser transformada.

#### *System Identification Toolbox*

El *System Identification Toolbox* proporciona funciones de MATLAB, Simulink bloques, y una aplicación para la construcción de modelos matemáticos de sistemas dinámicos a partir de datos de entrada-salida medidas. Permite crear y utilizar modelos de sistemas dinámicos que no son fácilmente modelables a partir de algunos principios o especificaciones iniciales. Puede utilizar los datos de dominio de tiempo y el dominio de la frecuencia de entrada-salida para identificar modelos de espacio de estado funciones de transferencia de tiempo discreto de tiempo continuo y, modelos de procesos. El toolbox también proporciona algoritmos para la estimación de parámetros en línea incorporado.

Ofrece también las técnicas de identificación como de máxima verosimilitud, la reducción al mínimo de predicción de errores (PEM), y la identificación del sistema subespacio. Para representar la dinámica de sistemas no lineales, se puede estimar modelos Hammerstein-Wiener y modelos ARX no lineales con wavelet network, tree-partition, y sigmoid network nonlinearities. El toolbox realiza modelos de identificación de caja gris para la estimación de parámetros de un modelo definido por el usuario. Se puede utilizar el modelo identificado para la predicción de respuesta del sistema y modelado de plantas en Simulink. También es compatible con el modelado de datos de series de tiempo y predicción de series de tiempo (Ljung 1988).

## Materiales

---

- DAQ National Instruments USB-6009
- Cable de comunicación USB computador-DAQ
- Cable de comunicación DAQ-Planta
- Planta de nivel

## Procedimiento

---

1. Conecte la tarjeta DAQ al computador.
2. Conecte el cable que permite la comunicación entre la DAQ y la planta.
3. Encienda la planta asegurando que el interruptor de energización general se encuentra en modo de conducción, que el botón de paro de emergencia se encuentra desoprimido y finalmente presionando el pulsador de START de color verde.
4. Mueva el interruptor de dos posiciones negro al modo manual.
5. Abra el programa LabVIEW y corrobore que la tarjeta se encuentra correctamente identificada.
6. Lea el manual de la planta y corrobore el direccionamiento de las entradas y las salidas de la planta.
7. Genere una interfaz en LabVIEW que permita la recepción y el mando de las diferentes variables que posee la planta.
8. Identifique los diferentes componentes que constituyen la planta.
9. Realice pruebas de correcta comunicación entre el computador y la Planta por medio de la interfaz creada.
10. Realice un programa para la adquisición de datos desde Simulink.
11. Seleccione el tiempo de muestreo adecuado.
12. Proceda a la adquisición de datos para una posterior identificación del sensor de nivel.
13. Teniendo la curva de calibración del sensor, introduzca las constantes en el programa generado en Simulink de tal forma que se observe el nivel del tanque y no el voltaje.
14. Realice una nueva captura de datos entre los porcentajes apropiados de nivel del tanque.
15. Obtenga los datos que permita observar la respuesta temporal de la planta de acuerdo al porcentaje de apertura de la válvula asignado a cada grupo de trabajo.

## Informe

---

- Realice una explicación con apoyo gráfico de la planta de nivel y una explicación resumida de sus partes y funcionamiento.
- Consulte las características del sensor de nivel.
- Consulte las características del procesador del PLC de la planta y de la tarjeta de adquisición de datos.
- Extraiga de las consultas realizadas en el numeral anterior, las principales características del microcontrolador o microprocesador de ambos dispositivos y realice una tabla comparativa (procesador, arquitectura del procesador, conjunto de comandos usados, velocidad del procesador, forma de representación de los números decimales, memoria ROM de tener, memoria RAM de tener, velocidad del ADC, tecnología usada para el ADC, buses de comunicación)
- Investigue y obtenga el modelo teórico de la planta, generando una explicación resumida sobre la obtención del mismo.
- Investigue sobre el modelo del tiempo muerto que puede presentar una planta.
- Investigue y aplique a la planta la aproximación de Padé para el tiempo muerto.
- Introduzca las ecuaciones o las Funciones de Transferencia obtenidas (teórica y con la aproximación de Padé) en MATLAB con el fin de simular la respuesta temporal de la planta a un escalón unitario, generando una gráfica comparativa entre ambas respuestas.
- Introduzca imágenes donde se explique el algoritmo realizado tanto en LabVIEW como en MATLAB Simulink con sus diferentes partes
- Informe y sustente el procedimiento para la selección de la frecuencia de muestreo
- Plasme en el informe la curva y la ecuación de ajuste del sensor de nivel, donde se observe en el eje de abscisas el voltaje y en el de ordenadas el nivel del agua en el tanque en porcentaje o centímetros.
- De la curva de respuesta temporal de la planta, obtenga los parámetros que permitan alimentar la Función de Transferencia teórica y con la aproximación de Padé (se tendría al momento 4 funciones)
- Con los mismos datos obtenidos experimentalmente de la respuesta temporal de la planta, haga uso del System Identification Toolbox para obtener otra función de transferencia (con esta se tendría un total de 5 funciones)
- Simule y obtenga una gráfica comparativa de la respuesta temporal a un escalón unitario de las diferentes Funciones de Transferencia. Tenga presente ajustar las dimensiones de la gráfica para que se visibilicen las principales características.
- Concluya apropiadamente sobre la práctica, los resultados y la discusión generada.
- Envíe tanto el informe desarrollado de la práctica, como los archivos creados en LabVIEW y en Simulink.

## Bibliografía

---

- Vojtesek, J., Dostal, P., & Maslan, M. (2014). Modelling and Simulation Of Water Tank. In ECMS (pp. 297-303).
- Ljung, L. (1988). System identification toolbox. The Matlab user's guide.