

## CONTROL AUTOMÁTICO

### CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO INTEGRADOR



## PARTE 3.

# Análisis de la respuesta transitoria y estacionaria

- **Objetivo general:** Lograr que el estudiante analice y diseñe el sistema de control elegido, a partir de las características obtenidas de la respuesta transitoria y estacionaria ante diferentes entradas de prueba típicas.

- **Objetivos específicos**

Desarrollar en el estudiante:

- La habilidad de diseñar y analizar sistemas de primero y segundo orden a partir de los parámetros que determinan su respuesta en el tiempo.
- La habilidad de crear, implementar y utilizar una aplicación computacional para el diseño de sistemas de control de primero y segundo orden.
- La habilidad de aplicar el análisis de la respuesta transitoria y estacionaria al sistema de control seleccionado en el Proyecto Integrador.

- **Resultados de aprendizaje**

- El estudiante debe tener la capacidad de interpretar la respuesta transitoria de un sistema ante diferentes entradas y caracterizar la respuesta temporal para sistemas de primero y segundo orden ante una entrada escalón unitario.

- Debe demostrar habilidad y conocimiento en el análisis e interpretación del error en estado estacionario para entradas tipo escalón, rampa y parábola.

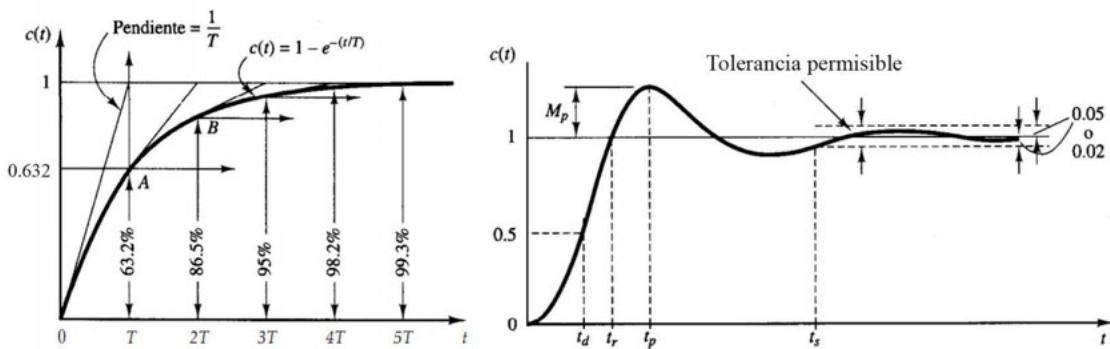
### Introducción:

Después de obtener el modelo matemático de un sistema de control, es necesario conocer cómo se comporta éste ante cambios en las señales que actúen sobre él, con el objetivo de analizar y conocer el desempeño de dichos sistemas. Posteriormente, basándose en el comportamiento deseado de un sistema de control, deben ajustarse los parámetros del sistema con el objetivo de proporcionar la respuesta deseada.

Las señales de prueba que normalmente se utilizan son funciones escalón, rampa, parábola, impulso, entre otras, ya que facilitan los análisis matemáticos y experimentales para el sistema de control. Estas señales de prueba representan funciones de tiempo que cambian de forma gradual (rampa), sistemas sujetos a perturbaciones repentinas (escalón) o sistemas sujetos a entradas de choque (impulso).

La respuesta en el tiempo de un sistema de control tiene una componente *transitoria*, forma en la que responde un sistema al pasar de un estado inicial a uno final, y una componente en *estado estacionario*, que determina cómo responde un sistema cuando el tiempo se hace muy grande. Por lo tanto, la respuesta del sistema  $c(t)$  viene dada por  $c(t) = c_{tr}(t) + c_{ss}(t)$ , donde  $c_{tr}(t)$  es la respuesta en estado transitorio y  $c_{ss}(t)$  es la respuesta en estado estacionario.

El objetivo primordial de este análisis en el tiempo es *ser capaz de predecir el comportamiento dinámico del sistema*. Las especificaciones de diseño para los sistemas de control normalmente incluyen varios índices de respuesta en el tiempo para determinada entrada. Por tanto, las especificaciones pocas veces constituyen un conjunto rígido de requisitos; más bien son un primer intento de proponer un comportamiento deseado. De esta forma, se observa que ajustar la respuesta transitoria y de estado estacionario de un sistema de control es un resultado beneficioso para el diseño del mismo. La Figura 1 muestra un ejemplo de la respuesta en el tiempo para sistemas de primero y segundo orden ante una entrada escalón unitario.



**Figura 1.** Respuesta para sistemas de primer y segundo orden ante una entrada escalón

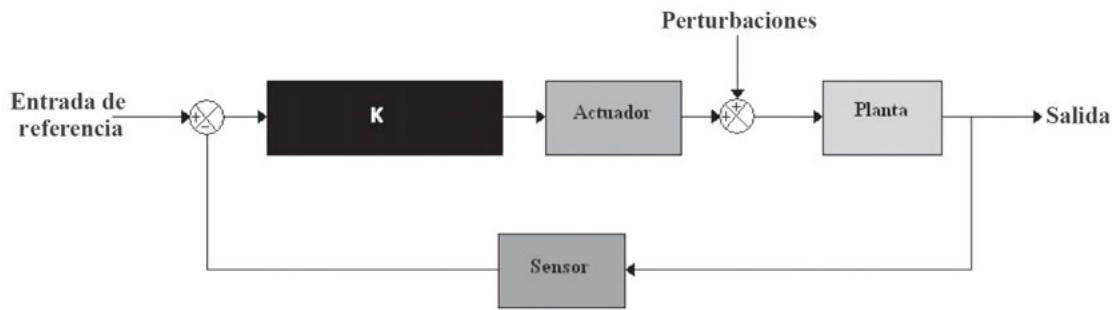
Teniendo en cuenta lo anterior, en esta tercera parte se trabajarán las especificaciones más comunes en el dominio temporal, como lo es el porcentaje de sobreelongación, el tiempo de asentamiento, el tiempo pico, el tiempo de subida y el error de seguimiento en estado estacionario. Se utilizarán las señales de entrada antes mencionadas para poner a prueba la respuesta del sistema de control y se realizarán las comprobaciones utilizando Python.

### Actividades:

Con el objetivo de modelar, diseñar y simular el sistema de control de un proceso utilizando Python, el siguiente avance del Proyecto Integrador pretende conocer el comportamiento y desempeño del sistema seleccionado mediante el análisis de sus respuestas transitoria y estacionaria. Para lograr esto, cada grupo de trabajo debe atender los siguientes requerimientos del Proyecto Integrador:

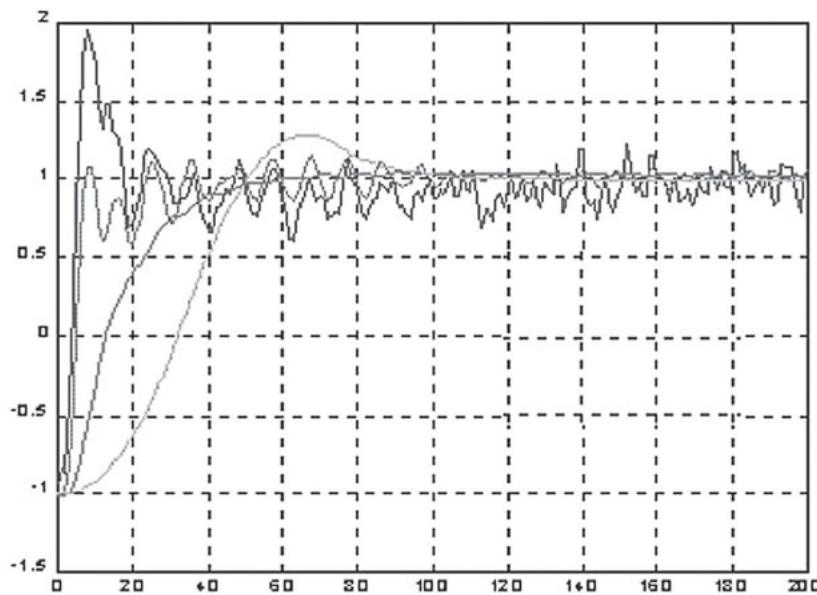
- Implementar un controlador proporcional  $K$  para el sistema, tal como se muestra en la Figura 2. El código de Python debe permitir modificar el parámetro  $K$  del controlador.

Nota: Como primer paso para caracterizar el comportamiento del sistema ante señales típicas de entrada es necesario, si corresponde, reducir el orden del mismo a la forma canónica de un sistema de segundo orden. Por ello, cada grupo de trabajo debe investigar y realizar la reducción del sistema a un sistema de segundo orden en términos de la constante  $K$  del controlador.



**Figura 2.** Diagrama de bloques de los procesos del Proyecto Integrador

- Simulación de la Respuesta Temporal: Utilizar Python para simular y visualizar la respuesta del sistema ante diferentes entradas (escalón, impulso, rampa, parábola).
- Presentar los parámetros que caracterizan la respuesta transitoria del sistema de control: constante de proporcionalidad, tiempo de subida, tiempo pico, sobreelongación y tiempo de establecimiento, el error en estado estacionario ante entradas escalón, rampa y parábola, para cada valor de la constante  $K$  que se seleccione.
- Dar la opción de graficar cómo cambia cada uno de los anteriores parámetros de la respuesta transitoria del sistema a medida que cambia la constante  $K$  del controlador.
- Graficar varias respuestas ante diferentes constantes del controlador en la misma gráfica.
- Como resultado final del análisis de la respuesta en el tiempo para el Proyecto Integrador, cada grupo de trabajo debe presentar tres valores para la constante  $K$  del controlador y sus respuestas ante un escalón unitario del sistema, tales que representen diferentes dinámicas del comportamiento del sistema (ver, por ejemplo, la Figura 3):
  - ✓ Un sistema lento pero preciso
  - ✓ Un sistema rápido pero impreciso
  - ✓ Un sistema intermedio



**Figura 3.** Ejemplos de diferentes dinámicas del comportamiento de un sistema.

**Entregables:**

- Scripts en Python que simulen las respuestas transitoria y estacionaria del sistema seleccionado.
- Análisis de las gráficas de las respuestas transitoria y estacionaria a partir de sus especificaciones.