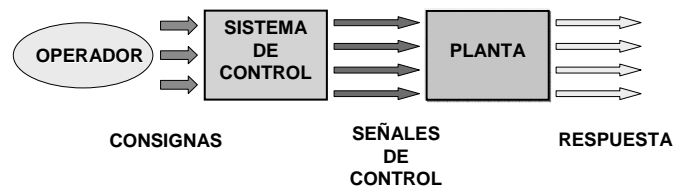


# Sistemas de Control

## Control de Sistemas Dinámicos

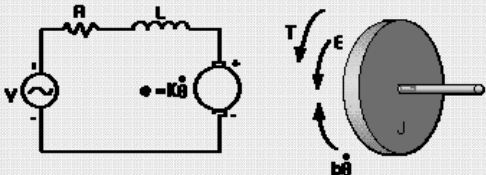
## Definición de Control

- *Manipular las magnitudes de un sistema (planta) para conseguir unas especificaciones de comportamiento deseado*
- *El dispositivo que realiza esta tarea de forma automática se denomina un sistema de control*



## Ejemplos

### ■ Control en Velocidad Motor DC



$$T_m = K_m \cdot i_a$$

$$e_b = K_i \dot{\theta}$$

$$\dot{\theta} = f(i_a, t)|_{V, J}$$

$$\dot{\theta} = f(V, t)|_{i_a, J}$$

$$J\dot{\omega} + b\omega = K_m \cdot i_a$$

$$L \frac{d}{dt} i_a + R \cdot i_a = V - K_i \dot{\theta}$$

Régimen Estacionario  $\Rightarrow$

$$\dot{\theta} = K_{V, J} \cdot i_a$$

$$\dot{\theta} = K_{i_a, J} \cdot V$$

3

## Ejemplos



## Tipos de Sistemas de Control

- Según el tipo de señales que intervienen en la planta a controlar:

- **Sistemas de Control Analógicos:**

- Señales de tipo continuo (presión, temperatura, velocidad, etc.)

- **Sistemas de Control Digitales:**

- Señales muestreadas (computador). Utilizan conversores A/D, D/A

- **Sistemas de Control Secuenciales Discretos:**

- Señales binarias (todo o nada) sólo pueden representar dos estados o niveles.  $\Rightarrow$  Controlador Lógico (PLC)

- **Sistemas de Control Híbridos**

5

## Temario (1)

- **Control de Sistemas Dinámicos:**

1. Introducción a la teoría de control.
  1. ¿Qué es un sistema de control?. Objetivos
  2. Elementos que lo componen
  3. Estrategias de control
  4. Etapas en el diseño de un sistema de control
2. Herramientas Matemáticas.
  1. Transformada de Fourier
  2. Transformada de Laplace
3. Modelado de Sistemas Dinámicos.
  1. Señales y sistemas continuos y discretos
  2. Función de transferencia
  3. Diagramas de bloques
  4. Linealización

6

## Temario (2)

### ■ Control de Sistemas Dinámicos:

4. Análisis de sistemas dinámicos en bucle abierto.
  1. Respuesta transitoria en sistemas de 1er orden: Impulso, Escalón
  2. Respuesta transitoria en sistemas de 2º orden: Impulso, Escalón
    - Sistemas subamortiguados y sobreamortiguados
  3. Respuesta transitoria en sistemas de orden superior
  4. Especificaciones Temporales
  5. Respuesta en régimen permanente. Errores
  6. Estabilidad (Routh)
  7. Respuesta Frecuencial (Bode)
    - Sistemas de 1er orden
    - Sistemas de 2º orden

7

## Temario (3)

### ■ Control de Sistemas Dinámicos:

5. Análisis de Sistemas Realimentados.
  1. Estabilidad:
    - Criterio de Routh (temporal)
    - Criterio de Nyquist (frecuencial). Márgenes de estabilidad
  2. Régimen permanente
    - Constantes de error
  3. Régimen transitorio temporal
    - Lugar de las raíces
  1. Régimen transitorio frecuencia
    - Círculos M y N

8

## Temario (4)

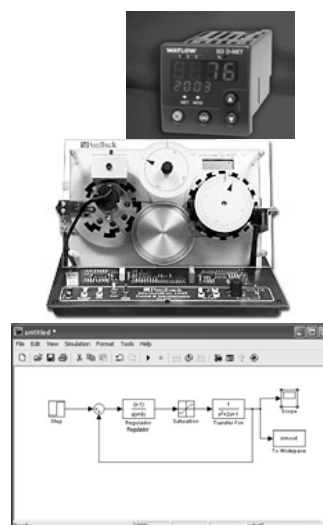
### ■ Control de Sistemas Dinámicos:

5. Diseño de reguladores PID en el dominio temporal (lugar de las raíces)
  1. Especificaciones temporales
  2. Criterio del módulo, criterio del argumento
  3. Acciones básicas de control: P, PI, PD, PID
6. Diseño de reguladores en el dominio de la frecuencia.
  1. Especificaciones frecuenciales
  2. Red de atraso de fase
  3. Red de adelanto de fase
  4. Red de adelanto/atraso de fase

9

## Prácticas de Control

1. Introducción a Matlab
2. Introducción a Simulink
3. Aspectos avanzados Matlab/Simulink
4. Función de transferencia
5. Estudio de los sensores de un servomotor
6. Identificación de un servomotor
7. Sistemas de segundo orden
8. Control en simulación de un servomotor con PID
9. Control de un servomotor con PID industrial
10. Control de un servomotor con PLC



10

## Bibliografía (II)

### ■ Control de Sistemas Dinámicos:

- "**Sistemas Automáticos**", Martínez Iranzo y otros, Valencia Universidad Politécnica de Valencia 2000
- "**Ingeniería de control moderna**", Ogata, Katsuhiko, " Prentice-Hall D.L. 2003
- "**Sistemas de control automáticos de control**", Kuo, Benjamin C., México [etc.] Prentice Hall cop.1996
- "**Apuntes de sistemas de control**", Ñeco García, R. P., Club Universitario 2003
- "**Problemas de ingeniería de control utilizando MATLAB**", Ogata, Katsuhiko, Madrid Prentice-Hall cop.1999
- "**Control de sistemas continuos problemas resueltos**", Barrientos, Antonio, Madrid McGraw-Hill cop.1996

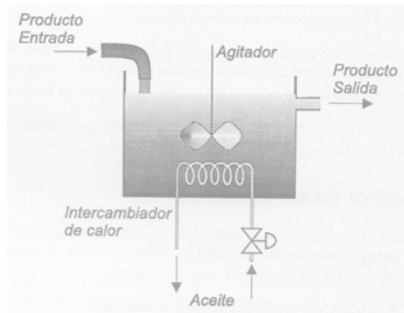


¿Qué es un Sistema de Control?

# Introducción

## ■ SISTEMA:

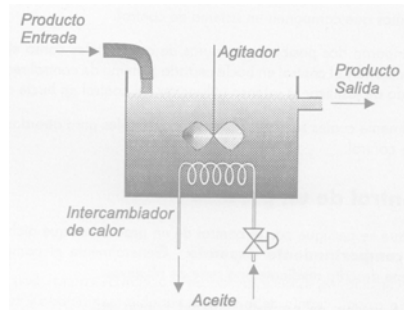
- Conjunto de elementos físicos o abstractos relacionados entre sí
- Si varía alguna magnitud (variable proceso) en un elemento, influye en los demás => RELACIONES DINÁMICAS
- Ejemplo:



# Introducción

## ■ CONTROL:

- Conseguir que las variables del sistema tengan el comportamiento deseado
- Especificaciones:
  - Producto: calida, pureza
  - Seguridad
  - Económicas ...



# Introducción

## ■ Sistema de Control:

- Precisa de un MODELO del sistema o proceso
- Tipos:
  - Axiomáticos: ecuaciones físicas
  - Empíricos: experimentales, modelo de caja negra

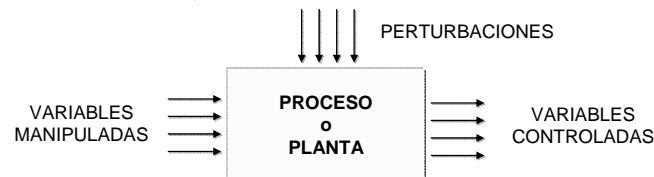


# Introducción

## ■ Elementos que componen un Sistema de Control:

### ● Modelo del Sistema:

- **VARIABLES CONTROLADAS:** Variables que describen el comportamiento del proceso y que deben cumplir unas especificaciones (SALIDAS)
- **VARIABLES MANIPULADAS:** Variables del proceso sobre las que podemos actuar e influyen sobre las variables controladas (ENTRADAS)
- **Perturbaciones:** Variables que influyen en las variables controladas y sobre las que no se puede actuar





# Introducción

## ■ Ejemplo:

### ● Variables Controladas:

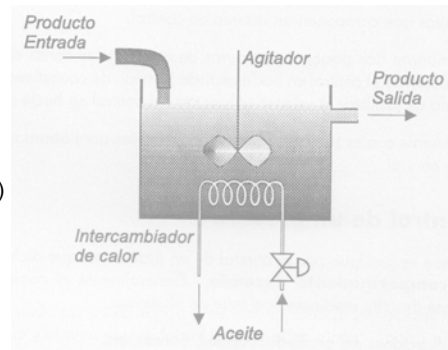
- Temperatura del producto de salida

### ● Variables Manipuladas:

- Apertura de la válvula del intercambiador de calor (caudal)

### ● Perturbaciones:

- Caudal de entrada
- $T^a$  del producto de entrada
- $T^a$  del aceite
- Presión del aceite



# Introducción

## ■ Elementos que componen un Sistema de Control:

### ● Actuadores:

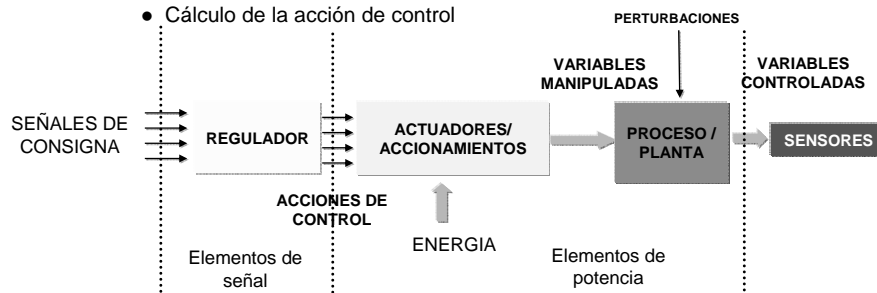
- Conversión de magnitudes físicas y amplificación (Energía) de las variables manipuladas

### ● Sensores:

- Conversión y acondicionamiento de las variables controladas en magnitudes eléctricas

### ● Regulador/Controlador:

- Cálculo de la acción de control

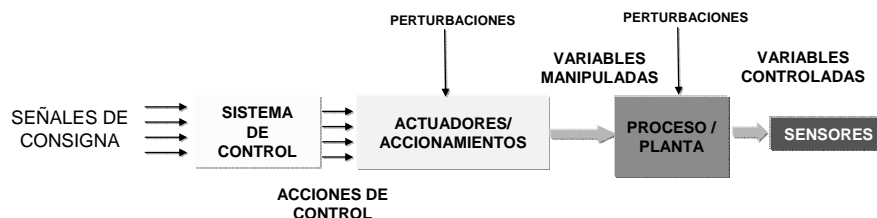


# Introducción

- Especificaciones Variables Controladas:
  - ESTABILIDAD:
    - Respuesta acotada ante entrada acotada (Routh, Nyquist)
  - PRECISIÓN: diferencia entre el valor esperado y el real
    - Régimen Permanente: (constantes de error)
    - Régimen Transitorio: oscilaciones, velocidad,... (Lugar de las raíces, Bode)
  - ROBUSTEZ: Sensibilidad de la variable controlada a:
    - Perturbaciones
    - Incertidumbre en el modelo

# Introducción

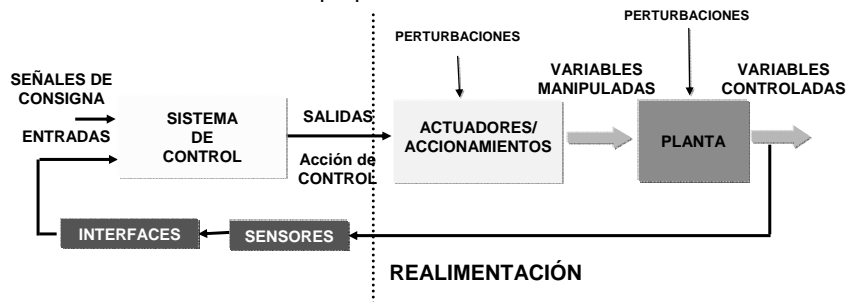
- Estrategias de Control:
  - Control en Bucle Abierto:
    - Se basa solo en la información del modelo de la planta y los actuadores
    - No es capaz de absorber errores en el modelo o las perturbaciones



# Introducción

## ■ Estrategias de Control:

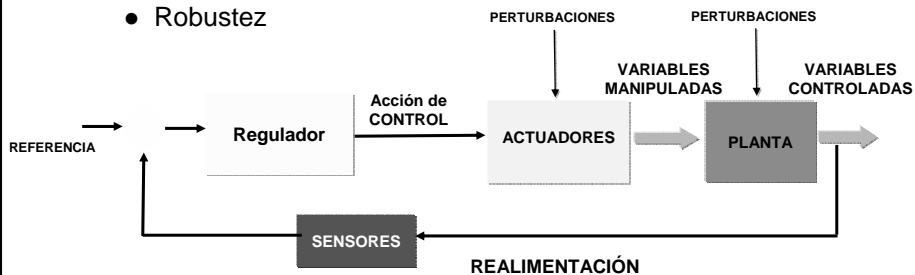
- Control en Bucle Cerrado (*Realimentado*):
  - Tiene en cuenta el valor real de las variables controladas y no solo el modelo
  - Permite absorber las perturbaciones (baja sensibilidad)
  - Permite absorber pequeños errores en el modelo



# Introducción

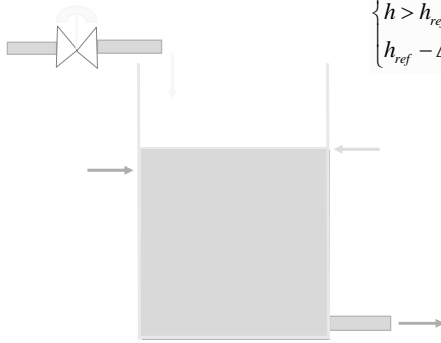
## ■ La realimentación tiene un efecto generalmente positivo:

- Estabilidad
- Precisión
- Velocidad
- Robustez



# Introducción

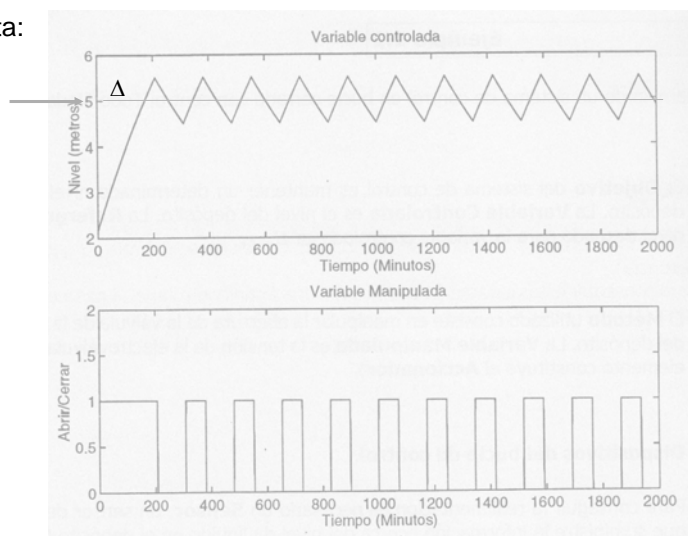
- Ejemplo: depósito con control todo/nada con histéresis
  - Especificaciones: mantener el nivel en  $h_{ref}$
  - Ecuación del Regulador:



$$\begin{cases} h < h_{ref} - \Delta & \rightarrow \text{Abrir válvula} \\ h > h_{ref} + \Delta & \rightarrow \text{Cerrar válvula} \\ h_{ref} - \Delta < h < h_{ref} + \Delta & \rightarrow \text{Conser var estado previo} \end{cases}$$

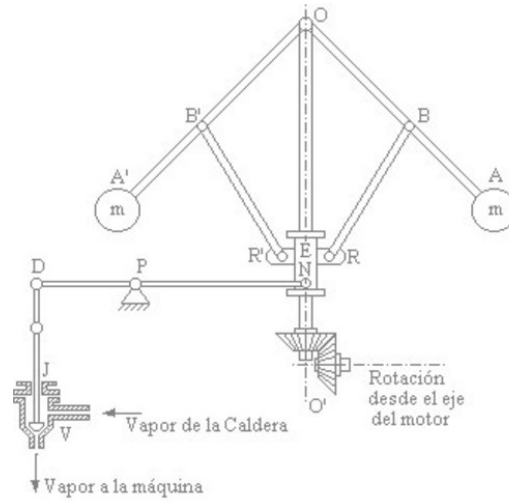
# Introducción

- Respuesta:



# Ejemplos

## ■ Regulador de Watt



25

## Etapas en la solución de un problema de control:

