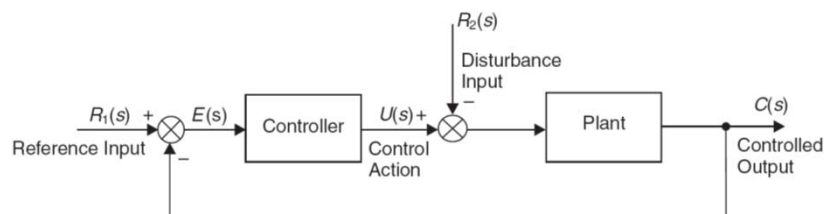


1. ¿Qué es el Control?
  - 1.1. El Problema de Control Generalizado
  - 1.2. Antecedentes
  - 1.3. Definiciones Previas
2. Control en Lazo Abierto y Control en Lazo Cerrado
  - 2.1. Sistemas de Control en Lazo Cerrado
  - 2.2. Sistemas de Control en Lazo Abierto
  - 2.3. Control en Lazo Cerrado vs. Control en Lazo Abierto
3. Ejemplos de Sistemas de Control
  - 3.1. Sistema de control de velocidad: Regulador de velocidad de Watt
  - 3.2. Sistema de control de temperatura: Control T<sup>a</sup> de horno eléctrico

### 1. ¿Qué es el Control?

#### 1.1. El Problema de Control Generalizado

“La acción de control  $u(t)$  debe ser tal que la salida controlada  $c(t)$  sea igual a la entrada de referencia  $r_1(t)$  en todo instante de tiempo, con independencia del valor de la entrada de perturbación  $r_2(t)$ ”



Sistema generalizado de control en lazo cerrado

- Régimen Transitorio: Menor posible (siempre existe error)
- Régimen Permanente: Minimizar el  $e_{ss}$  o eliminarlo

### 1.2. Antecedentes

Control Automático:

- Función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia.
- Papel fundamental de los procesos modernos industriales.

#### Panorama histórico:

**S. XVIII:** James Watt. Regulador de velocidad centrífugo de para el control de la velocidad de una máquina de vapor. (Primer trabajo significativo en control automático).

**1922:** Minorsky. Demostración de la estabilidad a partir de las ecs. diferenciales del sistema.

**1932:** Nyquist. Método para determinar la estabilidad en lazo cerrado mediante la respuesta sinusoidal en lazo abierto.

**1934:** Hazen. Diseño de servomecanismos con relé para sistemas de control de posición.

**1942:** Ziegler & Nichols. Métodos sintonización PID.

**Años 40 y 50:** Métodos de la respuesta en frecuencia.

Lugar de las raíces (Evans).



**Teoría de  
Control Clásica**

### 1.2. Antecedentes

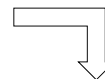
**1960:** Aparición computadores. Análisis en dominio temporal de sistemas complejos.

Estudio sistemas MIMO.

Uso de variables de estado.

**Años 60 - 80:** Control Óptimo y Control Adaptativo.

**90 - :** Control Robusto.



**Teoría de  
Control Moderna**

### 1.3. Definiciones Previas

**Variable controlada:** Cantidad o condición que se mide y controla.

**Variable manipulada:** Cantidad o condición modificada por el controlador.

**Controlar:** Medir la variable controlada del sistema y modificar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar una desviación del valor medido respecto de un valor deseado.

**Planta:** Objeto físico a controlar.

**Proceso:** Operación (secuencia de sucesos) a controlar.

**Sistemas:** Combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado.

**Perturbación:** Señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Externas o internas.

**Control realimentado:** Operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia en base a esta diferencia.

## 2. Control en Lazo Abierto y Control en Lazo Cerrado

### 2.1. Sistemas de Control en Lazo Cerrado

Cualquier sistema de control realimentado.

En un sistema de control en lazo cerrado se alimenta al controlador la *señal de error de actuación* (diferencia entre la señal de entrada y la señal realimentada) a fin de reducir dicho error y llevar la salida del sistema al valor deseado.

Ejemplos: Sistema de control de temperatura de una habitación.

Sistema de control de temperatura o presión sanguínea del cuerpo humano.

### 2.2. Sistemas de Control en Lazo Abierto

Aquellos en los cuales la salida no interviene en la acción de control.

A cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija de manera que no presenta buenos resultados ante perturbaciones.

Ejemplos: Sistema de control de una lavadora.

Sistemas de control de semáforos.

### 2.3. Control en Lazo Cerrado vs. Control en Lazo Abierto

#### Ventajas de los Sistemas de Control en LA:

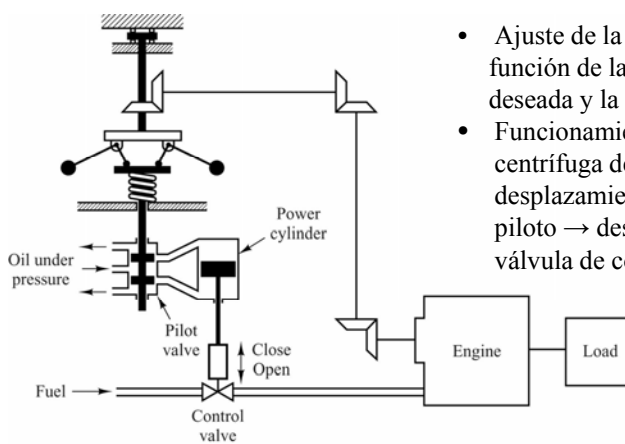
- Sencillos de construir y mantener.
- Más económico que el correspondiente en LC.
- No hay problemas de estabilidad.
- Adecuado cuando la salida no se puede o es compleja de medir (Ej. lavadora).

#### Desventajas de los Sistemas de Control en LA:

- Las perturbaciones ocasionan errores en la salida.
- Pueden requerir calibraciones para mantener un buen funcionamiento.

### 3. Ejemplos de Sistemas de Control

#### 3.1. Sistema de control de velocidad: Regulador de velocidad de Watt

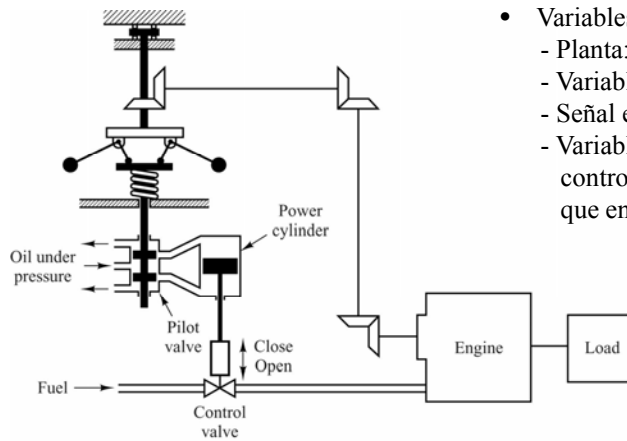


Regulador de velocidad de Watt

- Ajuste de la entrada de combustible en función de la diferencia entre la velocidad deseada y la real de la máquina.
- Funcionamiento:  $V_{\text{real}} < V_{\text{ref}} \rightarrow \downarrow$  fuerza centrífuga del regulador de velocidad  $\rightarrow$  desplazamiento hacia arriba émbolo válvula piloto  $\rightarrow$  desplazamiento hacia abajo válvula de control (apertura)  $\rightarrow \uparrow V_{\text{real}}$

### 3. Ejemplos de Sistemas de Control

#### 3.1. Sistema de control de velocidad: Regulador de velocidad de Watt

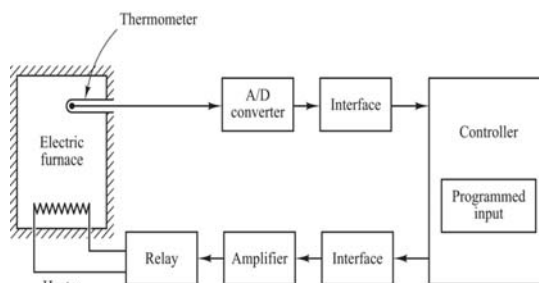


- Variables del sistema:
  - Planta: motor
  - Variable controlada: velocidad motor
  - Señal error:  $V_{ref} - V_{real}$
  - Variable manipulada (a través Señal de control): Cantidad de combustible que entra a la planta.
  - Perturbaciones: Entradas externas que afectan la variable controlada (e.g. cambios inesperados en la carga).

Regulador de velocidad de Watt

#### 3.2. Sistema de control de temperatura: Control T<sup>a</sup> de horno eléctrico

- Ajuste de la potencia del calentador en función de la diferencia entre la temperatura deseada y la real del horno.



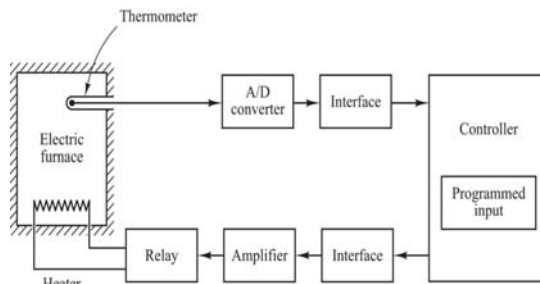
Sistema de control de temperatura de un horno eléctrico

- Funcionamiento: Obtención de la  $T_{real}$  mediante termómetro (sensor analógico) → conversor a señal digital (muestreo y cuantificación) → Comparación en el controlador con la  $T_{ref}$  (entrada programada) → Envío de señal de control digital en función del error al calentador (conversión D/A: retención en función tipo relé).

### 3.2. Sistema de control de temperatura: Control T<sup>a</sup> de horno eléctrico

- Variables del sistema:
  - Planta: horno
  - Variable controlada: Temperatura horno

- Variable manipulada (a través Señal de control): Potencia del calentador.
- Señal error:  $T_{ref} - T_{real}$
- Perturbaciones: Entradas externas que afectan a la variable controlada (e.g. contenido horno, cambios temperatura exterior).



Sistema de control de temperatura de un horno eléctrico



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/).

**You are free:**

**To Share** — to copy, distribute and transmit the work

**Under the following conditions:**

**Attribution** — You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work).

**Noncommercial** — You may not use this work for commercial purposes.

**No Derivative Works** — You may not alter, transform, or build upon this work.

**With the understanding that:**

**Waiver** — Any of the above conditions can be waived if you get permission from the copyright holder.

**Public Domain** — Where the work or any of its elements is in the public domain under applicable law, that status is in no way affected by the license.

**Other Rights** — In no way are any of the following rights affected by the license:

- Your fair dealing or fair use rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- The author's moral rights;

- Rights other persons may have either in the work itself or in how the work is used, such as publicity or privacy rights;

Some of the figures used in this work has been obtained from the Instructor Resources of *Modern Control Engineering*, Fifth Edition, Katsuhiko Ogata, copyrighted ©2010, ©2002, ©1997 by Pearson Education, Inc.

**Notice** — For any reuse or distribution, you must make clear to others the license terms of this work.