

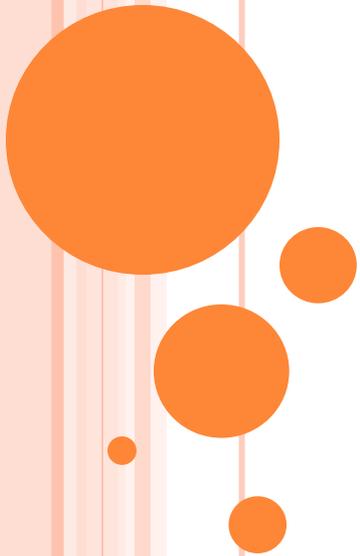
*Control e Instrumentación de Procesos Químicos*

## **Tema 1 – Introducción**

Definiciones

Control por realimentación

Sensor, Transmisor, Controlador, Válvula

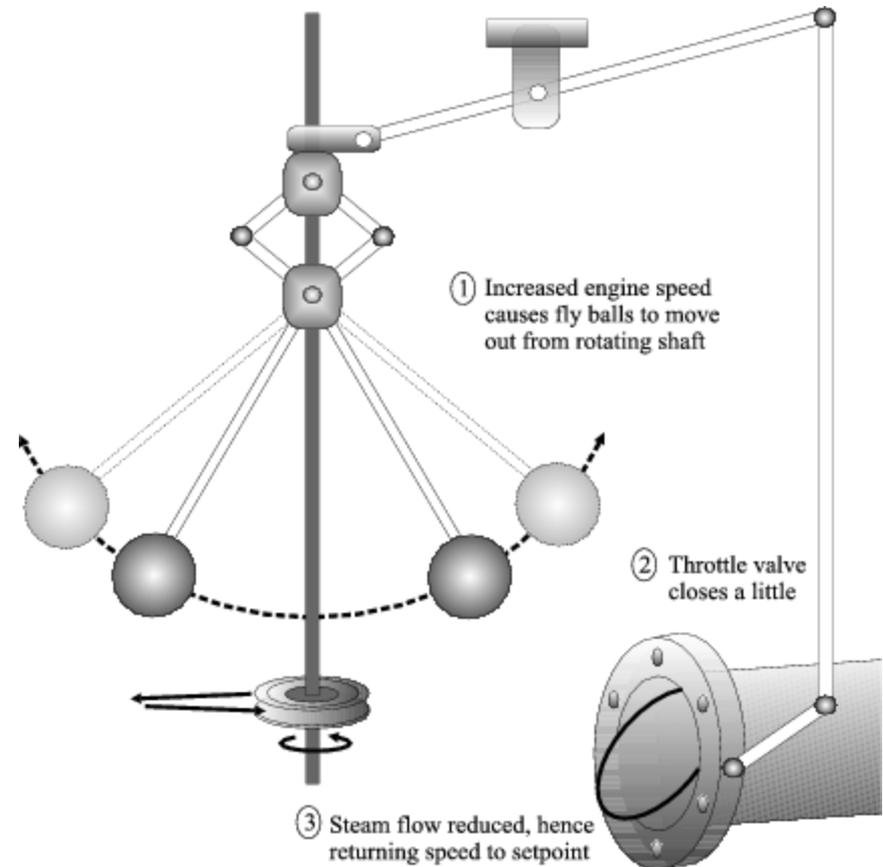


## Historia

La historia del control de procesos tiene muchos años y sus orígenes pueden encontrarse en los sistemas de regulación y control de los primeros dispositivos realizados por el hombre como los molinos de agua y viento.

El primer paso en el uso industrial del control de procesos fue dado en la revolución industrial (de hecho ambas fueron de la mano). El principal desarrollo de esta época es el dispositivo denominado 'fly-ball governor' desarrollado por James Watt para controlar el suministro de vapor a una máquina. Actualmente este dispositivo siguen en uso.

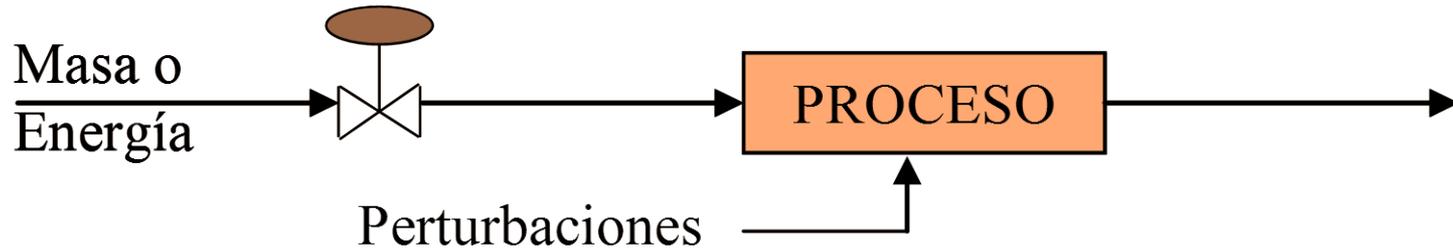
El control de procesos químicos es, hoy en día, una característica constante de los procesos industriales, y casi de cualquier actividad de la vida diaria, aunque no es siempre visible. Muchos de los sistemas de control actuales hacen uso de tecnología punta y elementos provenientes de distintas áreas del conocimiento, por lo que la ingeniería de control puede ser considerada como un área altamente multidisciplinar. El interés en el control de procesos es pues muy elevado y su importancia creciente sea aún mayor en un futuro próximo.



*Fly-ball Governor.*

James Watt (\*1736-†1819)

## Origen



***Perturbaciones de entrada:*** Se tratan de cambios que se producen en la entrada, tanto en la masa como en la energía de la alimentación o entrada al proceso que pueden provocar variaciones en las condiciones del proceso para sacarlo de su punto de consigna.

***Perturbaciones de carga.*** Es una perturbación provocada en el sistema sobre variables diferentes de las de entrada en cuanto a masa o energía. Se distinguen de las anteriores en que no pueden ser predichas y por tanto no se pueden medir

***Perturbaciones de punto de consigna.*** Ocurren cuando se modifica el punto de consigna o estado deseado para una determinada variable de proceso.

## Objeto

Mejorar los procesos:

1. Mejorar las condiciones de trabajo
2. Atenuar el impacto ambiental
3. Mejorar la producción: cantidad y calidad
4. Incrementar la seguridad de la instalación

Incrementa la operatividad, seguridad y productividad de los procesos

## Cómo se aborda

Conocimiento físico de los procesos (BM, BE, FF, TC, IRQ, OS)

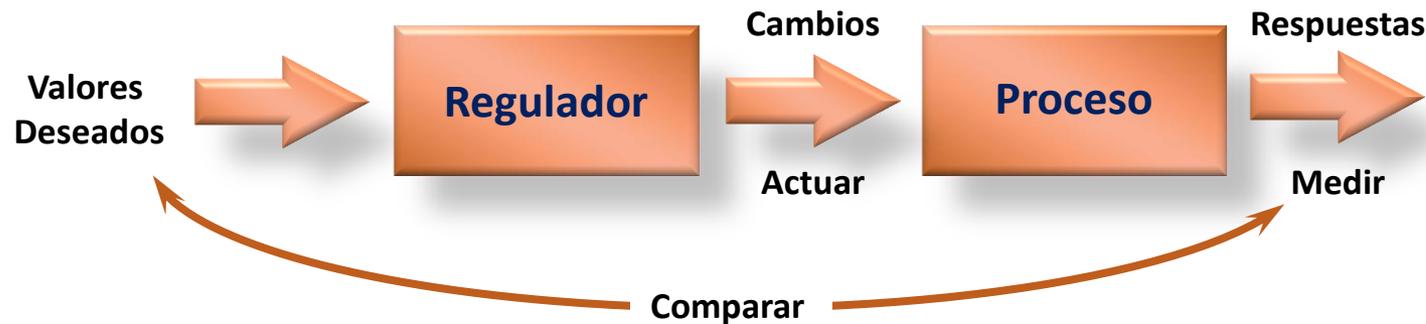
Definición de objetivos concretos.

Delimita las variables hay que controlar para lograrlo e indirectamente el grado de desarrollo (precisión, velocidad,)

Medios necesarios (sensores, actuadores, comunicaciones, ordenadores, interfaces, algoritmos)

Objetivos prácticos:

Lograr una operación estable (variables con valores en niveles constantes), de forma segura (temperaturas, presiones,...), dentro de restricciones ( $\Delta P$ , Nivel, NPSH,...) y en la posición más cercana a la óptima posible (variables con valores cercanos a los valores de diseño)



*Implementación de un sistema de control automático en un proceso sometido a perturbaciones (cambios) con respuesta dinámica. La comparación entre el valor deseado de una variable y el valor real determina el modo de control del proceso (lazo abierto o cerrado)*

En el control automático se tiene un lazo de control donde se asume una operación en un rango de valores para las distintas variables. Éste tiene dos variables de proceso claves:

**Variable controlada:** Aquella que quiere mantenerse en un determinado valor

**Variable manipulada:** Variable que se modifica para ajustar a la variable manipulada

## Sistemas de control automático

**Cadena abierta:** actúan sobre el proceso sin considerar el valor de la medida, esto es, la acción sobre el proceso no se compara lo medido. No tienen en consideración las perturbaciones internas o externas del sistema.

**Cadena cerrada:** se compara el valor medido del proceso con el valor deseado y se genera una acción sobre el proceso: sistemas realimentados. Sistemas más sensibles a las perturbaciones, que podrán corregirlas.

## Elementos (físicos) de un sistema de control automático

**Sensor:** Es el elemento de medida, es decir, el instrumento a partir del cual se obtiene el valor de la variable medida. Se basan en la medida de un fenómeno físico cuya magnitud es función del valor de la variable que se quiere medir. Ejemplo: El caudal en una conducción es función de la pérdida de presión en un medidor de placa y orificio.

**Transmisor:** Es el elemento que convierte la magnitud del fenómeno físico medido en una señal estándar transmisible (intensidad, voltaje, digital, neumática) que, en la medida de lo posible, no pueda perturbarse con la transmisión y que el controlador comprenda.

**Elemento de comparación:** Es el encargado de la medida del error. Compara el valor de la variable controlada con la que se ha medido determinando el error. El elemento comparador está integrado en el controlador, y la alimentación del error al algoritmo de control (ecuación de control) es inmediata.

**Elemento final de control:** Es el actuador. Modifica la variable de proceso manipulada (normalmente un caudal) de acuerdo con la instrucción recibida desde un controlador. Los elementos finales de control por excelencia son válvulas de control y motores de velocidad variable.

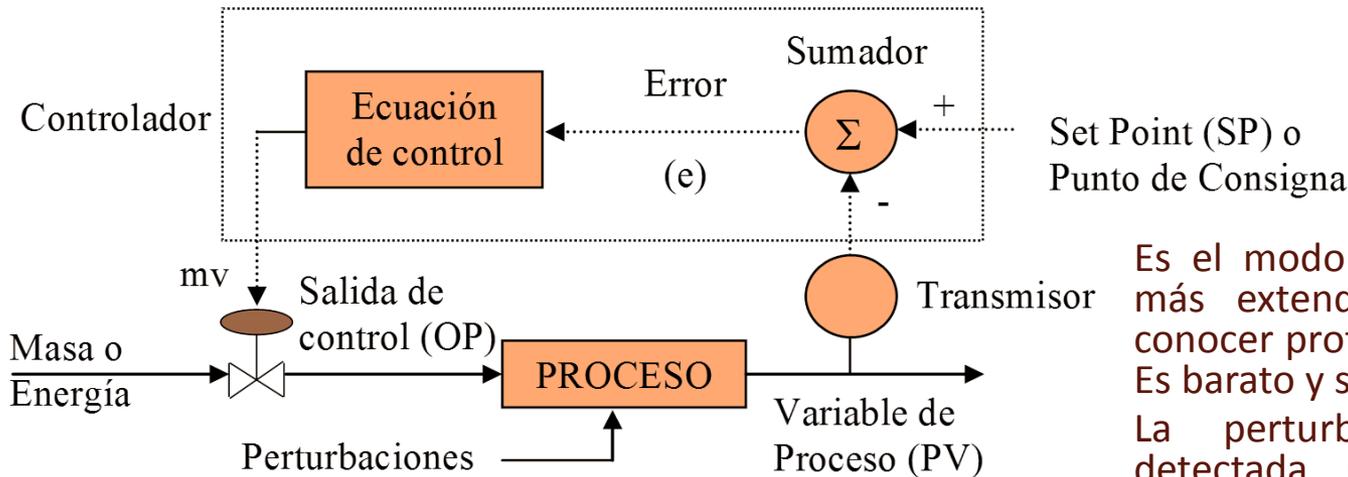
**Punto de consigna.** Es el valor deseado para la variable controlada.

**Variables de perturbación.** Externas al sistema de control que afectan a las variables controladas.

**Inputs:** Variables de entrada al proceso, que no al sistema de control. Se trata de las variables manipuladas y las perturbaciones.

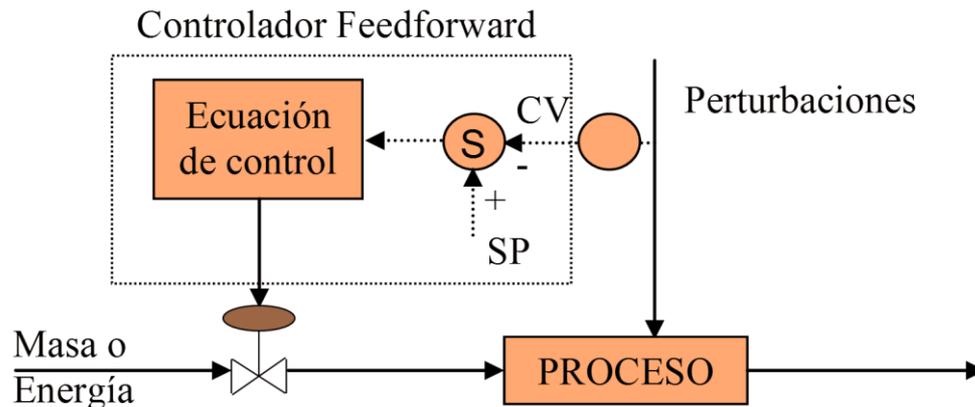
**Outputs.** Variables de salida del proceso. Se corresponden con las variables leídas y controladas.

## Control por realimentación (Feedback)



Es el modo de control automático más extendido. No es necesario conocer profundamente el proceso. Es barato y sencillo de implementar. La perturbación solamente es detectada una vez que se ha propagado por todo el sistema

## Control en adelante (feedforward)



La perturbación es detectada antes de que entre al sistema, por lo que se evita su propagación.

Su implementación es bastante compleja puesto que precisa de un conocimiento profundo del proceso (conocimiento de la dinámica de sistemas). Normalmente se emplea sin consideración dinámica del proceso, por lo que el retardo se puede acumular.

## Medida

**Medida:** Comparación de una variable con una unidad estándar o patrón de medida. Puede ser directa o indirecta (medida de otra variable relacionada con la anterior).

### Cadena de medida y transmisión de señal:



**Parámetros básicos:** La medida de una variable de proceso viene definida por una serie de consideraciones:

1. Rango. Conjunto de valores que puede ser medido (Límites inferior y superior)
2. Alcance (*Span*). Diferencia entre el límite superior e inferior del rango.
3. Exactitud/Precisión. Límite máximo del error al utilizar un sensor en especificaciones.
4. Histéresis. Diferencia máxima entre medidas en sentido creciente y decreciente.
5. Banda muerta. Rango de variación de la variable que no modifica la respuesta.
6. Repet/Reproducibilidad. Grado de concordancia entre un número de medidas del mismo valor en condiciones de medida iguales o diferentes.
7. Sensibilidad. Cambio en la lectura que corresponde a un cambio de una unidad de la variable medida.
8. Incertidumbre. Error máximo de la medida.

## Transmisión

**Transmisión de la señal:** Habitualmente se requiere transmitir señales en larga distancia (proceso al controlador y controlador al proceso). Se requiere un medio de transporte como tuberías (señales neumáticas), cableado (eléctrica), espacio (ondas de radio), fibra óptica (señal luminosa),... así como un código que permita la comprensión de la señal.

Es necesario hacer una serie de consideraciones en la transmisión de señales:

Atenuación: Degradación de la señal por unidad de longitud. Uso de repetidores.

Capacidad: Cantidad de información que se puede transportar.

Ruido: Grado máximo de descodificación de la información.

En función de la **forma de transmisión** se pueden distinguir:

Señales analógicas: Valor continuo en un rango determinado

Señales digitales: Se determinan sólo algunos estados (menor precisión, a priori)

**Formas de señal** más frecuentes:

Neumáticas. Señales modulares de presión de aire (3-15 psig). Se utilizaban en tubos de cobre. Habituales hasta los años 70. Obligatorias en ciertas instalaciones.

Instalaciones muy seguras (no hay posibilidad de chispa), inmunes a ruidos.

Se requiere aire limpio y seco. La dinámica limita su uso a trayectos cortos.

Su uso principal se da en la regulación para operación de válvulas neumáticas.

Electrónicas. Señal normalizada de intensidad eléctrica (4-20 mA). Tiene mayor capacidad que la neumática y es más rápida. Permite la posibilidad de conectarse a ordenadores mediante convertidores A/D.

Los problemas de fallo de corriente se solventan con UPS.

Los problemas de seguridad se limitan con métodos de protección.

Uso dominante por mejor dinámica, menor coste y posibilidad de uso de ordenador.

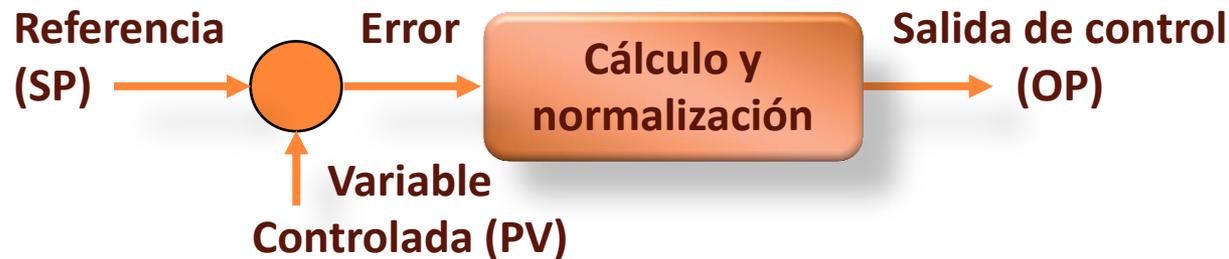
Digitales. No existen protocolos estándar y suelen superponerse con señales analógicas.

Protocolos comerciales: Fieldbus foundation y Profibus (especificaciones públicas).

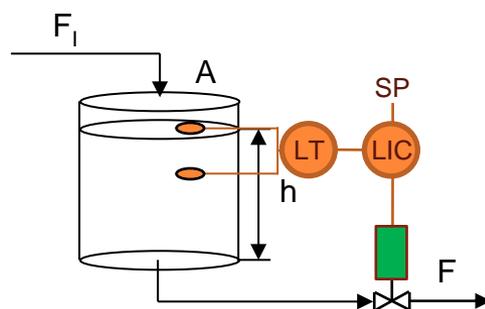
## Control

### Funciones del controlador

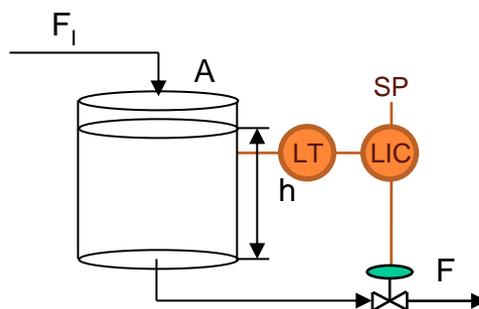
Calculo de la salida de control. La salida de control es la orden que se emite con destino al elemento final de control para actuar sobre la variable manipulada. Se expresa normalmente en %, siendo el rango más usual 0-100%. Se calcula a partir del error, que es la diferencia entre el valor deseado para la variable controlada y el valor medido para la misma. El cálculo se lleva a cabo utilizando la ecuación de control o algoritmo de control.



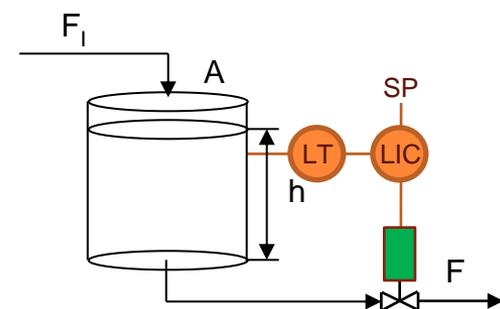
Se distinguen distintos tipos de control en función de una lectura de la variable a controlar continua o discreta. Esta distinción se extiende también a la salida de control, que puede ser también continua o discreta. Así hay control discreto, continuo y control mixto. Los dos últimos entran dentro de la definición de regulación (modificación paso a paso de la salida de control en función de una lectura o monitorización de la variable leída (controlada) de forma continua).



*Control discreto*



*Control continuo*



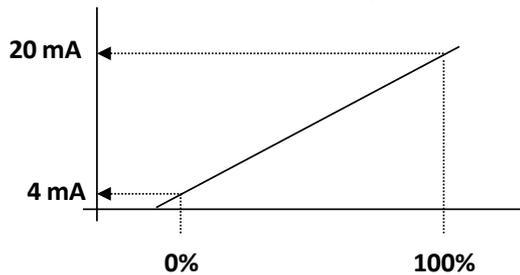
*Control mixto*

## Control

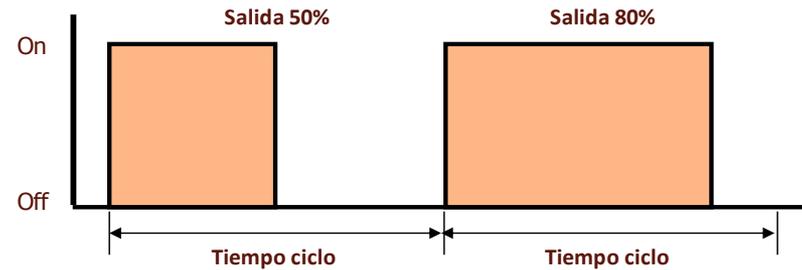
Salida de control. Existen dos tipos básicos:

*Analógica continua:* el elemento final de control aporta una energía continua al proceso, proporcional a la salida de control.

*Tiempo proporcional:* se utiliza un tiempo de ciclo, y se tiene un % de ese tiempo el elemento actuador conectado y otro tiempo desconectado.



*Salida de control analógica continua*

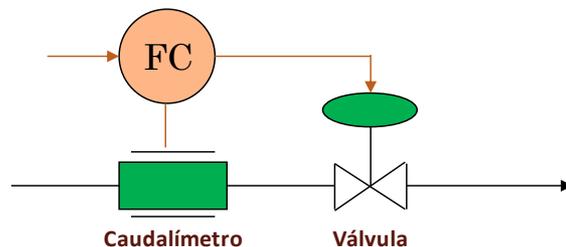


*Salida de control por tiempo proporcional*

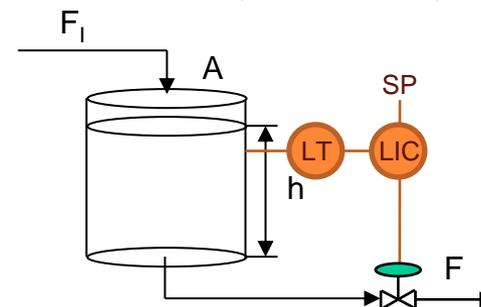
Acción de control. Indica la dirección de salida de control en relación al cambio de la variable medida.

*Inversa:* Controlador da lugar a una salida de control menor a medida que el valor de la variable leída (controlada) aumenta.

*Directa:* Es la acción contraria a la anterior. El controlador incrementa el valor de la salida de control a medida que aumenta el valor de la variable leída (controlada).



*Salida de acción inversa*



*Salida de acción directa*

## Bibliografía

Título	Control e Instrumentación de Procesos Químicos
Autor	P. Ollero de Castro, E. Fernández Camacho.
Editorial	Síntesis, ISBN: 8477385173. 1997.