

Sistema de Control de Lazo Abierto

Los sistemas de control de lazo abierto no utilizan una señal de retroalimentación y, por lo tanto, no son tan precisos ni estables como los sistemas de control de lazo cerrado. Sin embargo, aún tienen su uso en ciertas aplicaciones donde la precisión no es crítica.

En un sistema de lazo abierto el controlador es colocado en **serie con el proceso**, con el objetivo de poder manipularlo y sobre todo, intentarlo llevar a la zona de operación deseada, **pero SIN medir o SENSAR el estado actual de las variables del proceso** (temperatura, velocidad, humedad, concentración, etc.)

Es decir, que el sistema de control de lazo abierto interviene sobre el proceso únicamente por medio del conocimiento previo que se tiene del sistema.

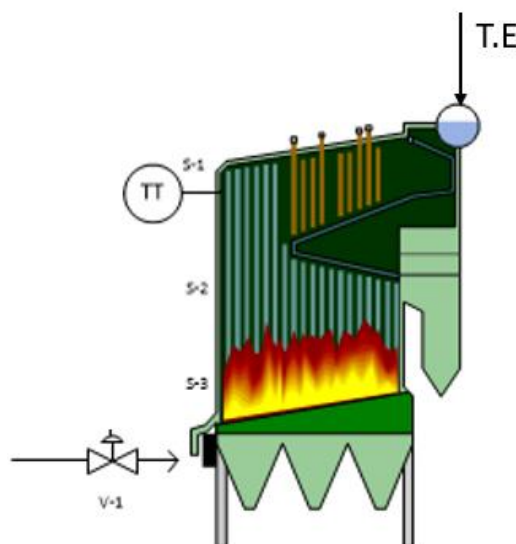
Los sistemas de control en lazo abierto son simples y muy baratos de implementar, pero tienen la desventaja que **no compensan** las posibles variaciones que puede tener la planta, ni las posibles perturbaciones externas.

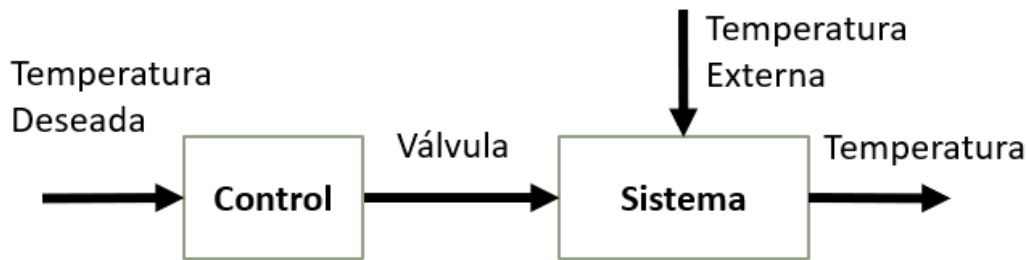
Ejemplos de Sistemas de Control en Lazo Abierto

Vamos a tomar el siguiente proceso industrial que corresponde a una caldera, para poder ilustrar el concepto de un sistema de control de lazo abierto.

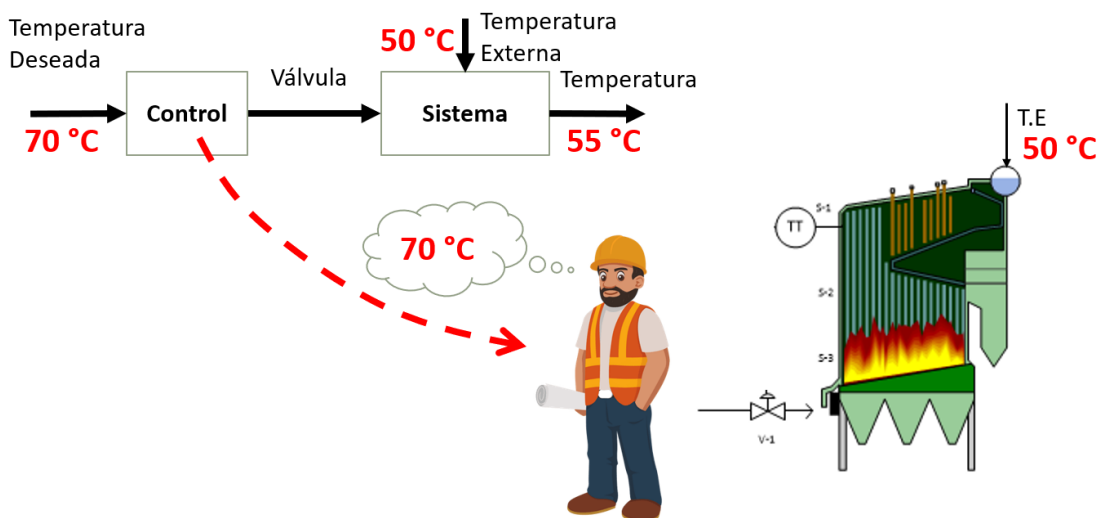
En este ejemplo, se dispone de una válvula (entrada) que permite el ingreso de combustible para aumentar o disminuir el calor al interior del proceso, también dispone de un sensor de temperatura local (salida) que permite monitorear la variable al interior del reservatorio, adicionalmente, este proceso es afectado por otro flujo que llega al reservatorio con una determinada temperatura. El proceso es ilustrado a continuación:

La representación del sistema de Control de Lazo Abierto es la siguiente:



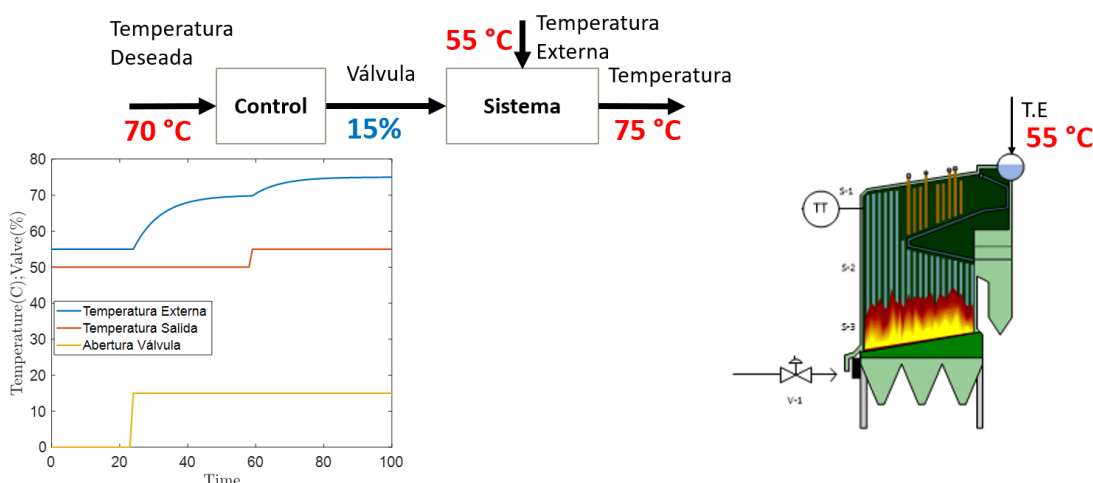


El controlador configurado en Lazo Abierto para controlar esta caldera, será un operario (una persona) el cual, gracias a su conocimiento del proceso, será el encargado de abrir o cerrar la válvula, con el objetivo que la temperatura alcance en la salida 70 grados centígrados.



A través de prueba y error el operario conseguirá llevar el proceso a la temperatura de 70 grados, sin embargo, una vez alcanzada la temperatura, el operario no estará pendiente del proceso, pues tiene otras funciones dentro de la fábrica.

Si suponemos que **mientras el operario se encuentra ausente**, por algún motivo, la entrada de perturbación del proceso que inicialmente estaba llegando a 50 grados, comienza a llegar a 55 grados, evidentemente la temperatura dentro del proceso se verá afectada y ya no estaría trabajando sobre la zona de operación óptima, dado que como vemos a continuación el proceso subió hasta los 75 grados debido a la perturbación y el operario todavía no se ha dado cuenta del problema.



Otra desventaja del **control en lazo abierto** es la sobrecarga de trabajos repetitivos y sin interés para el operador.

Estimula a que el operador tienda a ser **conservador** y trate de operar en regiones más seguras, pero menos económicas.

En el ejemplo anterior, si existiera un riesgo por alta temperatura, el operador iría a trabajar en una temperatura más baja por seguridad, sin embargo, esto podría significar una **perdida** mayor de productos en el proceso, lo que se refleja en una **pérdida de rentabilidad** para la planta industrial.

Sistemas de Control de Lazo Cerrado

Los sistemas de control de lazo cerrado son ampliamente utilizados en una variedad de industrias para regular y controlar procesos automatizados. Un sistema de control de lazo cerrado, también conocido como sistema de control de realimentación, utiliza una señal de retroalimentación para comparar el resultado deseado con el resultado actual y ajustar el proceso en consecuencia. Esto permite una mayor precisión y estabilidad en comparación con los sistemas de control de lazo abierto.

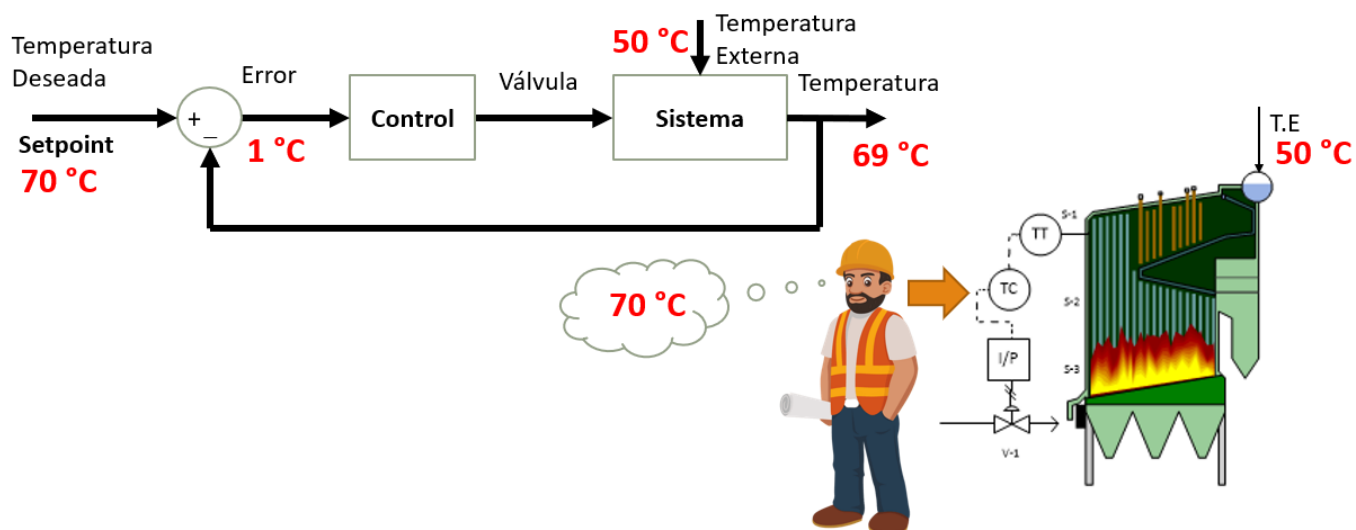
En un sistema en lazo cerrado se puede colocarse un medidor y transmisor de temperatura que realimente el sistema hacia el controlador y mantenga de esa forma la temperatura en su lugar deseado.

Este valor deseado se conocerá como el **Setpoint** y será el único valor que será modificado por el operario. Estos sistemas de control son clasificados como sistemas con retroalimentación o **feedback**.

Un ejemplo típico de un sistema de control de lazo cerrado es un controlador PID, que es utilizado para controlar la temperatura en un horno o la velocidad de un motor eléctrico. El controlador PID utiliza un algoritmo matemático para calcular la diferencia entre la temperatura deseada y la temperatura actual, y ajusta el proceso en consecuencia para lograr una mayor precisión y estabilidad.

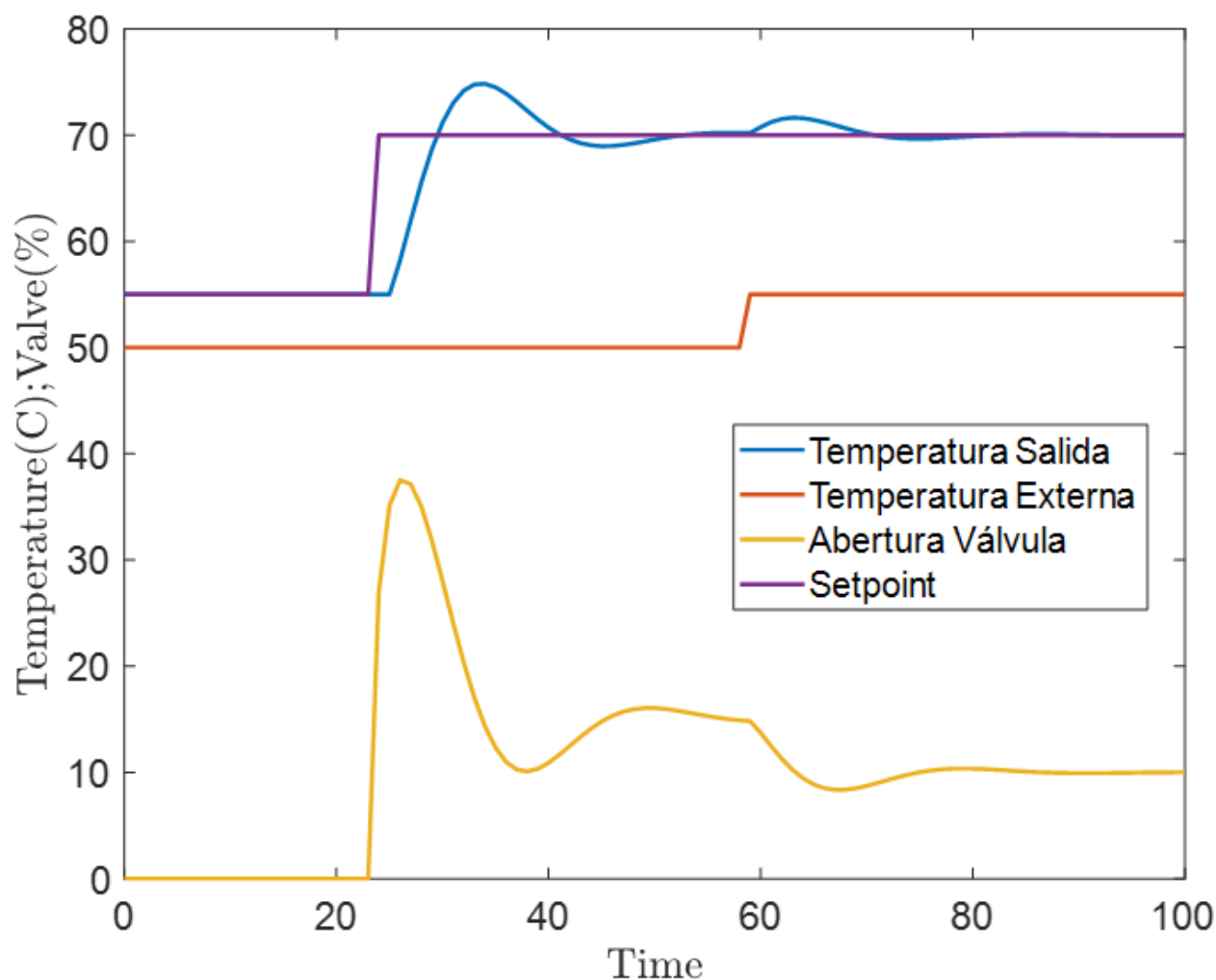
Ejemplos de un Sistema en Lazo Cerrado

A continuación, vemos el ejemplo de un sistema de control en lazo cerrado de la caldera, en esta estructura el controlador puede conocer en todo momento el valor de la temperatura y podrá actuar sobre la válvula siempre que sea necesario.



Podemos observar que el valor medido por el sensor sobre la temperatura es llevado a un comparador (o sea, se realiza una resta entre el setpoint y el valor de temperatura leído) esto genera un error, el cual entra al controlador y con base a ese error el controlador sabrá si debe abrir o cerrar la válvula con el objetivo siempre de **volver cero dicho error**.

Analizando la respuesta del sistema, se puede ver que el controlador lleva la temperatura a la referencia y que el operador en este caso no necesita estar pendiente en todo momento del proceso, incluso, en el minuto 60 cuando sucede la perturbación, notemos que el controlador se percata de esto y comienza a cerrar la válvula para traer nuevamente la temperatura hacia la referencia.



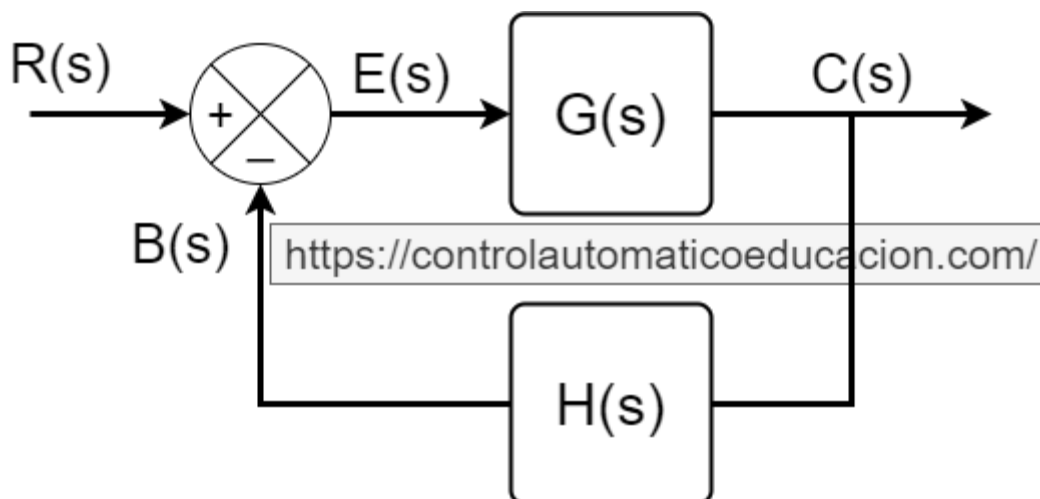
Con esto podemos concluir que el sistema en lazo cerrado mejora los problemas del lazo abierto y consigue mantener las variables dentro de la zona de operación y consigue rechazar los posibles disturbios.

El precio a pagar en este sistema es que los controles en lazo cerrado tienden a hacer oscilar al sistema consiguiendo inclusive inestabilizar el proceso. O sea, puede traer problemas de estabilidad al intentar corregir los errores de las variables con relación al setpoint. Por lo tanto, su ajuste y diseño serán cruciales para evitar este problema.

Diagrama de Bloques Lazo Abierto y Lazo Cerrado

En los sistemas de control, será importante entender la representación de diagramas de bloques, dado que es uno de los aspectos básicos de esta disciplina. En este sitio WEB ya explicamos en detalle cómo entender y reducir un Diagrama de Bloques de los Sistemas de Control.

A partir del siguiente diagrama de bloques, podemos caracterizar un sistema de Lazo Abierto y un Sistema de Lazo cerrado, siempre observando las señales (Las letras sobre las flechas).



donde:

- $R(s)$ es la referencia
- $E(s)$ es el error ($R - B$)
- $C(s)$ es la Salida del proceso
- $B(s)$ es la salida del sensor instalada en el proceso

Función de Transferencia Lazo Abierto y FeedForward

La función de transferencia de lazo abierto es la relación entre la señal del sensor $B(s)$ y la señal de error actuante $E(s)$.

$$\frac{B(s)}{E(s)} = G(s)H(s)$$

La función de transferencia feedforward es la relación entre la salida del proceso $C(s)$ y el error actuante.

$$\frac{C(s)}{E(s)} = G(s)$$

Cuando la realimentación del lazo es unitaria, o sea $H(s) = 1$, entonces **la función de transferencia de lazo abierto y la de feedforward son las mismas.**

Función de transferencia Lazo Cerrado

En este caso todo el diagrama de bloques anterior corresponde a un lazo cerrado, donde la relación de la salida $C(s)$ con la entrada $R(s)$ viene dado por:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

Cuadro Comparativo de Lazo Abierto y Lazo Cerrado

Veamos el siguiente cuadro comparativo que resume todo lo que hemos aprendido en esta entrada mostrando las ventajas y desventajas del lazo abierto y el lazo cerrado.

Ventajas

Sistema en Lazo Abierto	Sistema en Lazo Cerrado
Son de diseño simple y fáciles de implementar.	Tienen una señal de retroalimentación para controlar la salida por lo tanto precisos y menos propensos a errores.
Son más económicos que otro sistema de control.	Corrigen errores mediante la señal de realimentación.
Son convenientes para cumplir tareas por ciclos o tiempos.	Son menos afectados por el ruido del proceso
Requieren poco mantenimiento	Soportan automatización del proceso

Desventajas

Sistema en Lazo Abierto	Sistema en Lazo Cerrado
El sistema de no tiene retroalimentación por lo que no facilita la automatización del proceso.	Son más complejos de ser diseñados y ajustados.
Son sistemas inexactos y poco precisos.	Son sistemas caros.
Es afectado por las perturbaciones externas del proceso.	Requieren alto mantenimiento.
No es capaz de corregir las desviaciones de la salida de forma automática.	Provocan oscilaciones dentro del proceso si no son bien ajustados.

Ejemplos de control lazo abierto y cerrado

A continuación, vamos a mencionar otros ejemplos característicos de los sistemas de control de bucle abierto y de bucle cerrado para afianzar mejor el entendimiento de estos conceptos:

LAZO ABIERTO

- Una lavadora automática que funciona por ciclos
- Un foco eléctrico que ilumina, pero no mide los lúmenes.
- Secador de manos eléctrico el cual no mide la temperatura.
- Tostadora de pan temporizada
- El volumen de un equipo de sonido.
- El grifo de agua de la cocina.
- El mando a distancia de la TV
- Una secadora de ropa
- Cortinas o persianas en una ventana, el cual no mide la cantidad de luz entrante a la sala.
- Un motor paso a paso.
- Impresoras de inyección de tinta
- Sistemas de cerradura de puertas, etc.

LAZO CERRADO

- Una plancha Eléctrica Automática que mide la temperatura de las resistencias calefactores de hierro para poder regularla.
- Un estabilizador de voltaje servo, realimentando el voltaje de salida del sistema.
- Controlador de nivel de agua: mide la altura al interior del tanque permitiendo o no el ingreso de más agua.
- Aire acondicionado ajustando automáticamente su temperatura según la temperatura ambiente.
- Un regulador de velocidad de un motor que usa un tacómetro y / o un sensor de corriente para detectar la velocidad y enviarla por medio de una retroalimentación al sistema para controlar su velocidad.

Resumen

En resumen, los sistemas de control de lazo cerrado son ideales para aplicaciones en las que se requiere un alto grado de precisión y estabilidad, mientras que los sistemas de control de lazo abierto son más adecuados para aplicaciones en las que la precisión no es crítica. Ejemplos de sistemas de control de lazo cerrado son el control de temperatura en un horno, control de velocidad en un motor, entre otros.

Bibliografía

<https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/>

Por SERGIO ANDRÉS CASTAÑO GIRALDO