



## Valvulas De Control

### 1. TERMINOLOGÍA Y SIMBOLOGIA EN INGENIERIA DE CONTROL.

La planeación, diseño y puesta a punto de sistemas de control requiere una clara comunicación entre las partes involucradas. Por ello es importante entender los términos y símbolos empleados en dichos sistemas de control.

#### 1.1. Terminología en Ingeniería de Control.

Para mantener una cantidad física, como la presión, el flujo o la temperatura a un nivel deseado durante un proceso se puede emplear tanto un control de lazo abierto como de lazo cerrado.

##### 1.1.1. Lazo de control abierto.

Los sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control, se denominan sistemas de control de lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico lo constituye una lavadora de ropa doméstica. El remojo, lavado y enjuague en la lavadora se cumplen por tiempos. La máquina no mide la señal de salida, es decir, la limpieza de la ropa.

En cualquier sistema de control de lazo abierto, no se compara la salida con la entrada de referencia. Por tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fija. Así, la precisión del sistema depende de la calibración. En presencia de perturbaciones, un sistema de control de lazo abierto no cumple su función asignada. En la práctica el control de lazo abierto sólo se puede utilizar si la relación entre la entrada y la salida es conocida, y si no se presentan perturbaciones tanto internas como externas. Desde luego, tales sistemas no son sistemas de control retroalimentado. Nótese que cualquier sistema de control que funciona sobre una base de tiempos, es un sistema de lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico con señales accionadas en función de tiempos, es otro caso de control de lazo abierto.

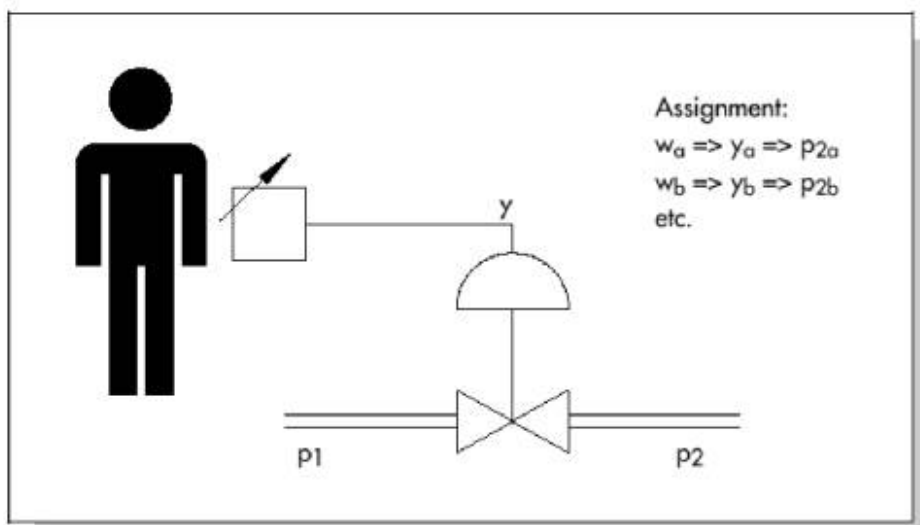


Ilustración 1 Lazo de control abierto

La tarea del operador ilustrado en la ilustración 1 es la de ajustar la presión ( $p_2$ ) en una tubería por medio de una válvula de control. Para este propósito, el utiliza un valor asignado que determina una cierta señal de control ( $y$ ) surgida de un ajustador remoto para cada set point ( $w$ ). Dado que este método de control no considera posibles fluctuaciones en el flujo; el es recomendado únicamente en sistemas donde las perturbaciones no afecten la variable de control.

### 1.1.2. Lazo de control cerrado.

En un sistema de lazo de control cerrado, la variable ha ser controlada (Variable controlada  $x$ ) es continuamente medida y así comparada con un valor predeterminado (Variable de referencia  $w$ ). Si existe una diferencia entre estas dos variables (error  $e$  o desviación del sistema  $x_w$ ), ajustes son realizados hasta que la diferencia cuantificada es eliminada y la variable controlada iguala la variable de referencia.

Con frecuencia se llama así a los sistemas de control retroalimentado. En la práctica, se utiliza indistintamente la denominación control retroalimentado o control de lazo cerrado. La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de retroalimentación (que puede ser la señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas), entra la controlador para reducir el error y llevar la salida des sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado implica siempre el uso de la acción de control retroalimentado para reducir el error del sistema.

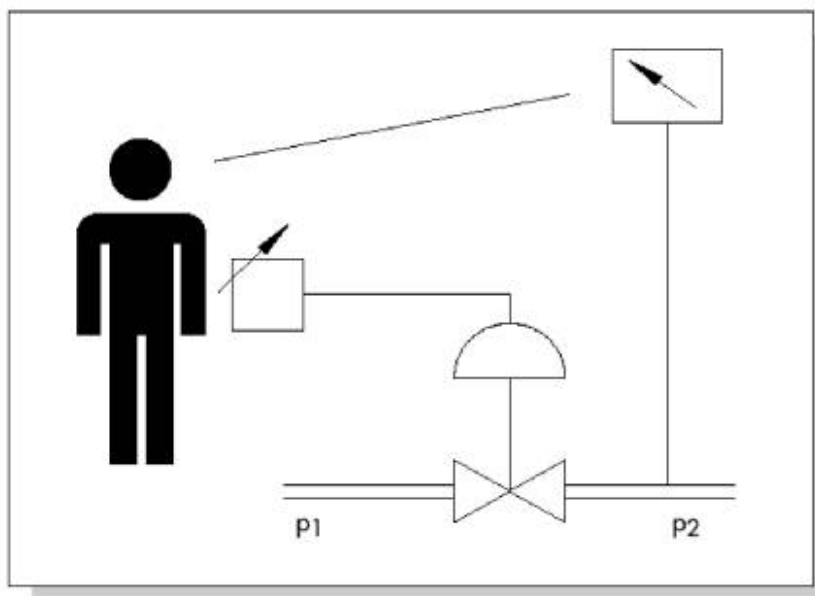


Ilustración 2 Lazo de control cerrado

El bosquejo del operador de la ilustración 2 monitorea la presión  $p_2$  en una tubería para la cual diferentes consumidores están conectados. Cuando se incrementa el consumo, la presión en la tubería decrece. El operador reconoce que la presión cae y cambia la presión de control de la válvula de control neumática hasta que la presión deseada  $p_2$  es alcanzada de nuevo. A través del monitoreo de la presión y la inmediata reacción, el operador asegura que la presión es mantenida al nivel deseado.

Una ventaja del sistema de control de lazo cerrado es que el uso de la retroalimentación hace que la respuesta del sistema sea relativamente insensible a perturbaciones externas y a variaciones internas de parámetros del sistema. De este modo, es posible utilizar componentes relativamente imprecisos y económicos, y lograr la exactitud de control requerida en determinada planta, cosa que sería imposible en un control de lazo abierto.

Desde el punto de vista de la estabilidad, en el sistema de control de lazo abierto, esta es más fácil de lograr, ya que en él la estabilidad no constituye un problema importante. En cambio, en los sistemas de lazo de control cerrado, la estabilidad sí es un problema importante, por su tendencia a sobre corregir errores que pueden producir oscilaciones de amplitud constante o variable.

Hay que puntualizar que para sistemas cuyas entradas son conocidas previamente y en los que no hay perturbaciones, es preferible utilizar el control de lazo abierto. Los sistemas de control de lazo cerrado tienen ventajas solamente si se presentan perturbaciones no previsible y/o variaciones imprevisibles de componentes del sistema. Nótese que la potencia de salida determina parcialmente el costo, peso y tamaño de un sistema de control. La cantidad de componentes utilizados en un sistema de control de lazo cerrado es mayor a la correspondiente a un sistema de control de lazo abierto. Así, entonces, un sistema de control de lazo cerrado es generalmente de mayor costo y potencia.

### 1.1.3. Abreviaciones de las variables relacionadas con un lazo de control cerrado.

La abreviación de las variables permite la determinación de símbolos estandarizados. Los símbolos empleados según la norma DIN 19221 son:

**Variable controlada  $x$**  (actual valor).

En un lazo de control, la variable a ser controlada es representada por la letra  $x$ . En procesos de ingeniería, usualmente una física (Temperatura, presión, flujo) o química (pH, dureza) cantidad es controlada.

**Variable referencia  $w$**

Esta variable determina el valor que debe ser alcanzado (set point) por la variable de proceso para ser controlado. El valor físico de la variable de referencia –esta puede ser mecánica o eléctrica (fuerza, presión, corriente, voltaje, etc) es comparado con la variable controlada  $x$  en un lazo de control cerrado.

**Variable de retroalimentación  $r$**

Esta variable resulta de la medida de la variable controlada y es retroalimentada por el computador.

**Error  $e=w-x$**

La variable de entrada  $e$  del elemento de control es la diferencia entre la variable de referencia y la variable controlada.

**Variable manipulada  $y$**

La variable manipulada  $y$  es la variable de salida del equipo controlado y la variable de entrada del sistema controlado.

## 1.2. Símbolos en Ingeniería de control.

### 1.2.1. Bloques y líneas de acción.

Un sistema de control puede constar de cierta cantidad de componentes. Para mostrar las funciones que realiza cada componente, en ingeniería de control se acostumbra usar diagramas denominados diagramas de bloques

Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones realizadas por cada componente y del flujo de las señales. Tal diagrama indica las interrelaciones que existen entre los diversos componentes. A diferencia de una representación matemática puramente abstracta, un diagrama de bloques tiene la ventaja de indicar en forma más realista el flujo de señales del sistema real.

En un diagrama de bloques, todas las variables del sistema se enlazan entre sí a través de bloques funcionales. Un bloque funcional, o simplemente bloque, es un símbolo de la operación matemática que el bloque produce a la salida, sobre la señal que tiene a la entrada. Sobre los bloques correspondientes, se colocan generalmente las funciones de transferencia de los componentes; los bloques están conectados por flechas para indicar la dirección del flujo de señales.

En general, el funcionamiento de un sistema se puede ver más fácilmente examinando el diagrama de bloques, que analizando el sistema físico en sí. Un diagrama de bloques contiene información respecto al comportamiento dinámico, pero no contiene ninguna información acerca de la constitución física del sistema.

La relación funcional entre la señal de salida y la señal de entrada es simbolizada por un rectángulo (bloque). Señales de entrada y salida son representadas por líneas y su dirección de acción es indicada por flechas.

- Ejemplo: Extrayendo raíz a una cantidad. (la medida de flujo via diferencial de presión)

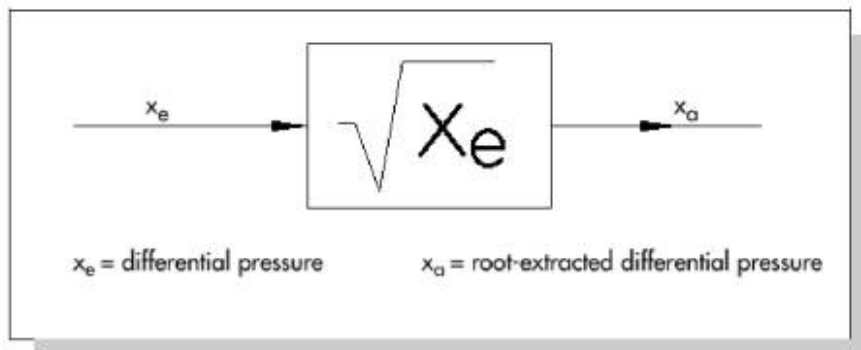


Ilustración 3 Extrayendo la raíz de una señal de presión diferencial.

- Ejemplo: Representación de un comportamiento dinámico. (Nivel de líquido en un tanque con suministro constante).

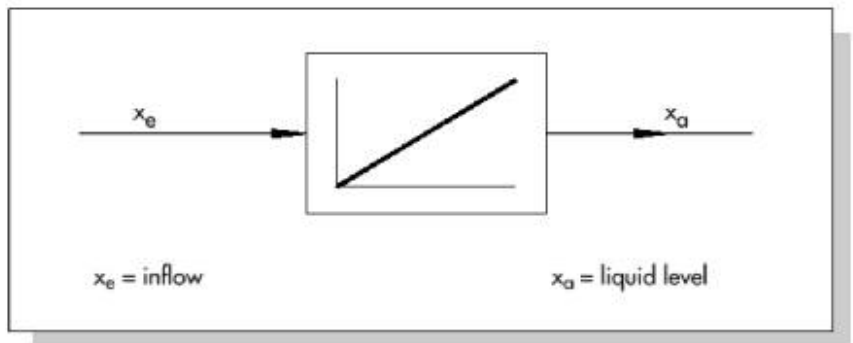


Ilustración 4 Crecimiento del nivel de líquido en el tiempo

- Ejemplo: Punto de adición o suma. La señal de salida es la suma algebraica de unas señales de entrada. Esto es simbolizado por un punto de adición. Cualquier cantidad de entradas pueden ser conectadas a un punto de adición el cual es representado por un círculo. Dependiendo del signo, las entradas pueden ser adicionadas o sustraídas.

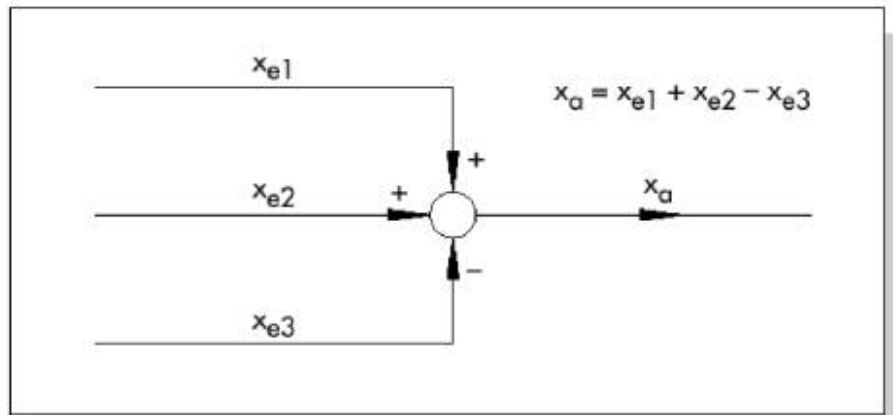


Ilustración 5 Punto de adición

- Ejemplo: Punto de división o bifurcación. Un punto de división es representado por un punto. Aquí, una línea de acción divide una o más líneas de acción. La señal transmitida permanece igual.

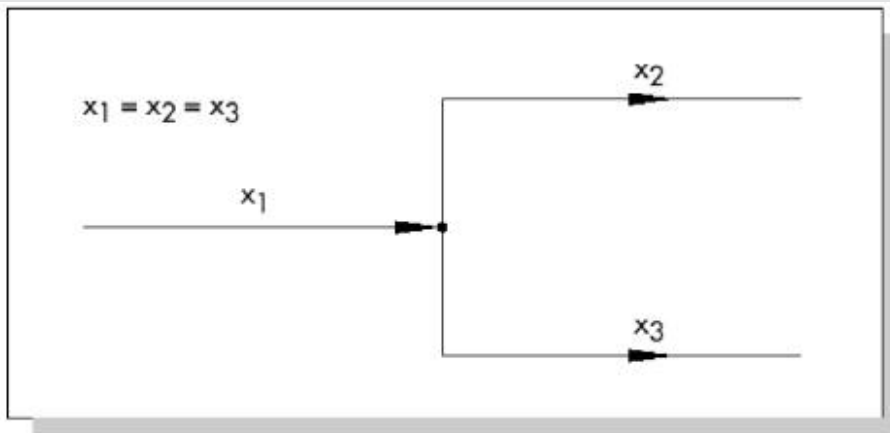


Ilustración 6 Punto de división

- Ejemplo: Señal de diagrama de flujo de un lazo abierto y de un lazo de control cerrado. En la acción de flujo abierto de un lazo de control, el operador posiciona el ajuste remoto únicamente con estimación en la variable de referencia  $w$ .

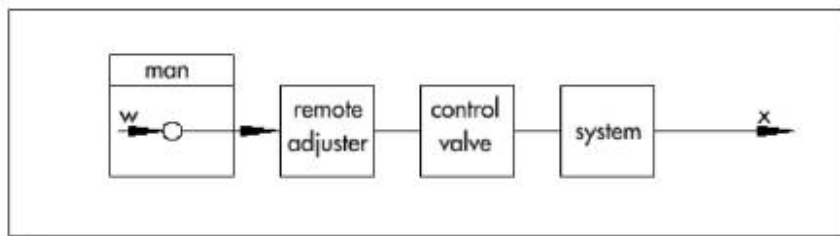


Ilustración 7 Diagrama de bloque de un lazo de control abierto manual

Para el caso de un lazo de control cerrado la variable controlada  $x$  es medida y retroalimentada al controlador, en este caso el hombre. El controlador determina si la variable asume el valor deseado de la variable de referencia  $w$ . Cuando  $x$  y  $w$  difieren uno del otro, el ajuste remoto es inicialmente ajustado hasta que ambas variables permanezcan igual.

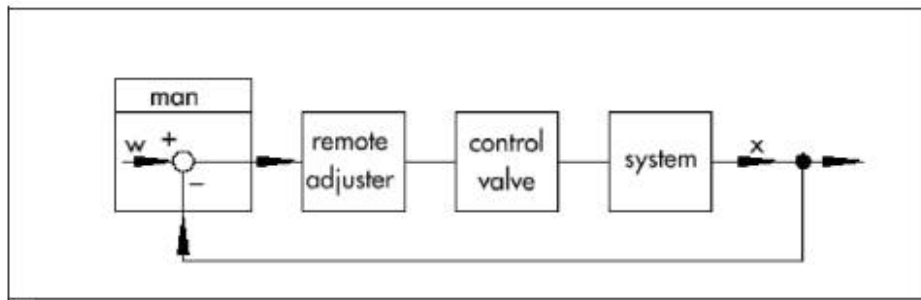


Ilustración 8 Diagrama de bloque de un lazo de control cerrado manual

### 1.2.2. Gráficos de flujo de señal.

El diagrama de bloques es útil para la representación gráfica de sistemas de control dinámico y se utiliza extensamente en el análisis y diseño de sistemas de control. Otro procedimiento alternativo para representar gráficamente la dinámica del sistema de control, es el método de los gráficos de flujo de señal. Cabe señalar que el método de los gráficos de flujo de señal y el procedimiento de diagramas de bloques, brindan la misma información, y ninguno puede considerarse superior al otro en sentido alguno.

Un gráfico de flujo de señal es un diagrama que representa un conjunto de ecuaciones algebraicas lineales simultáneas. Un gráfico de flujo de señal consiste en una red en la cual los nodos están conectados por ramas con dirección y sentido. Cada nodo representa una variable del sistema y cada rama conectada entre dos nodos, actúa como un multiplicador de señal.

Los gráficos de flujo de señal son la representación simbólica de la interacción funcional de un sistema. Los componentes esenciales de los sistemas de control son representados diagramas de bloque.

### 1.2.3. Símbolos y representaciones de dispositivos presentes en lazos de control.

Es recomendable emplear en unión con los diagramas de flujo los de símbolos. Ellos forman parte de la representación de los sistemas o procesos y a continuación se presentan algunos de ellos:

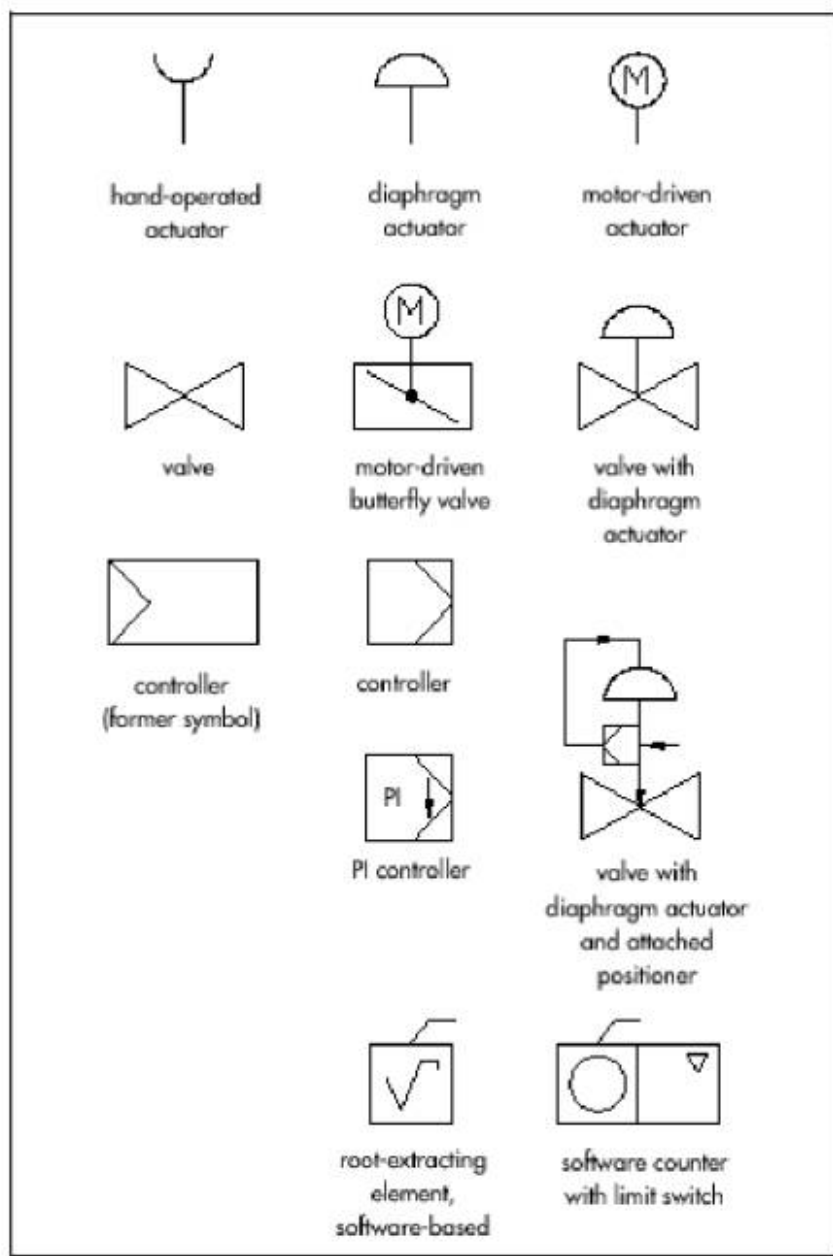


Ilustración 9 Símbolos Gráficos acordes con la norma DIN 19227

Existen mas de 3500 símbolos gráficos dispuestos en normas como DIN 1946, DIN 2429, DIN 2481, DIN 19239 Y DIN 30600; sin embargo si dentro de estos símbolos estándar no se encuentra el necesario es posible adoptar el propio.

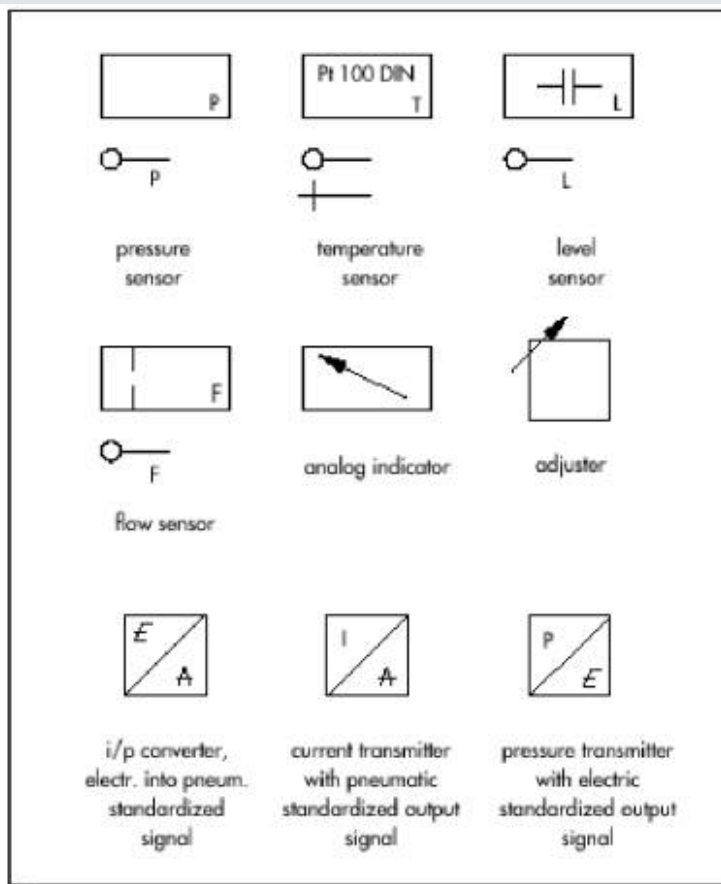


Ilustración 10 Símbolos Gráficos acordes con la norma DIN 19227 parte 2

En cuanto a las principales letras y su significado se encuentran:

	Group 1: Measuring or input variable		Group 2: Processing
	First letter	Supplementary letter	Succeeding letter (order: I, R, C, ...any)
<b>A</b>			Fault message, alarm
<b>C</b>			Automatic control
<b>D</b>	Density	Differential	
<b>E</b>	Electric quantities		Sensing function
<b>F</b>	Flow rate, throughput	Ratio	
<b>G</b>	Distance, length, position		
<b>H</b>	Hand (manually initiated)		High limit
<b>I</b>			Indication
<b>K</b>	Time		
<b>L</b>	Level		Low limit
<b>O</b>			Visual signal, yes/no indication
<b>P</b>	Pressure		
<b>Q</b>	Material properties	Integral, sum	
<b>R</b>	Radiation		Record or print
<b>S</b>	Speed, rotational speed, frequency		Circuit arrangement, sequence control
<b>T</b>	Temperature		Transmitter function
<b>U</b>	Multivariable		
<b>V</b>	Viscosity		Control valve function
<b>W</b>	Velocity, mass		
<b>Y</b>			Calculating function
<b>Z</b>			Emergency interruption, safety device

Ilustración 11 Letras empleadas en simbología de control acordes con la norma DIN 19227

Procesos de control existen en diversas áreas. En la naturaleza, los procesos de control pueden ser utilizados para preservar plantas y animales contra las variaciones del medio ambiente. En economía, la oferta y la demanda controla el precio y el tiempo de entrega de los productos. En cualquiera de estos casos, las alteraciones pueden ocurrir y ocasionar cambios en los estados originales establecidos. Esta es la función de los sistemas de control, reconocer los estados de alteración y corregirlos de la manera apropiada.

De la misma forma como en la naturaleza y la economía, algunas variables pueden ser controladas en tecnología, así equipos y sistemas servirán para dichos propósitos. Con sistemas de calentamiento, por ejemplo, la temperatura puede ser mantenida constante mientras una variable externa cambia, como lo son fluctuaciones en la temperatura del cuarto o del sistema de ventilación, etc.

Acorde con la norma DIN 19226, un lazo de control cerrado se define como:

Un lazo de control cerrado es un proceso por medio del cual una variable, a saber variable para controlar (Variable controlada) es continuamente monitoreada, comparada con otra variable, a saber variable de referencia.

## 2. SISTEMAS CONTROLADOS

En ingeniería de control, un sistema controlado es caracterizado primeramente por su comportamiento dinámico el cual también determina el campo de acción y la calidad requerida para salvar el control asignado. Frecuentemente, el así llamado paso de respuesta del sistema controlado es usado para reflejar este comportamiento dinámico.

El paso de respuesta revela como la variable controlada reacciona como un cambio en la variable manipulada. Esta es determinada por la medición de la variable controlada después de un paso de cambio en la variable manipulada. Dependiendo del resultado del comportamiento dinámico, el sistema controlado puede ser clasificado de la siguiente manera:

1. P Sistema controlado (Control de acción proporcional).
2. I Sistema controlado (Control de acción controlada)
3. Sistema controlado con tiempo muerto.
4. Sistema controlado con componentes almacenados de energía.

Se debe diferenciar entre sistemas controlados en los cuales un nuevo equilibrio es establecido después de una perturbación o cambio en la variable manipulada y sistemas con una variable de cambio continuado:

- o Sistema con autorregulación únicamente cambian hasta un nuevo valor de salida estable es alcanzado.
- o Sistema sin autorregulación no alcanzan un nuevo estado de equilibrio.

Sistemas sin autorregulación requieren un lazo de control cerrado, porque la variable manipulada debe llegar a ser cero tan pronto la variable controlada alcanza el valor de equilibrio requerida. La experiencia muestra que un sistema con autorregulación es mas fácil de controlar que un sistema sin autorregulación, porque este ultimo tiene una tendencia a oscilar.

### 2.1. Sistema controlado P.

En sistemas controlados con acción proporcional, la variable controlada  $X$  cambia proporcionalmente a la variable manipulada  $Y$ . La variable controlada sigue la variable manipulada sin ningún retraso.

Dado que algo de energía se transfiere en una cantidad finita de tiempo, control  $P$  sin ningún tiempo de retraso no ocurre en la práctica. Cuando el tiempo de retraso entre la variable manipulada y la variable controlada es muy pequeño, no importa este no tiene ningún efecto sobre el sistema, este comportamiento es llamado control de acción proporcional de un sistema o sistema controlado  $P$ .

Ejemplo: Control de flujo.

Si el recorrido de la válvula cambia en un sistema de control de presión, un nuevo flujo o caudal  $q$  es alcanzado (casi) instantáneamente. Dependiendo del coeficiente de flujo, la variable controlada cambia proporcionalmente a la variable manipulada; el sistema tiene una acción de control proporcional.

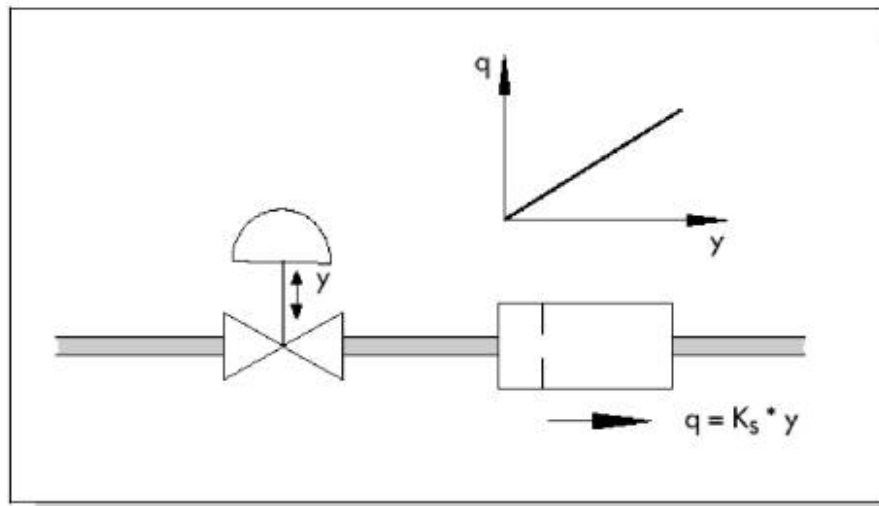


Ilustración 12 Sistema de control proporcional; variable de referencia: caudal

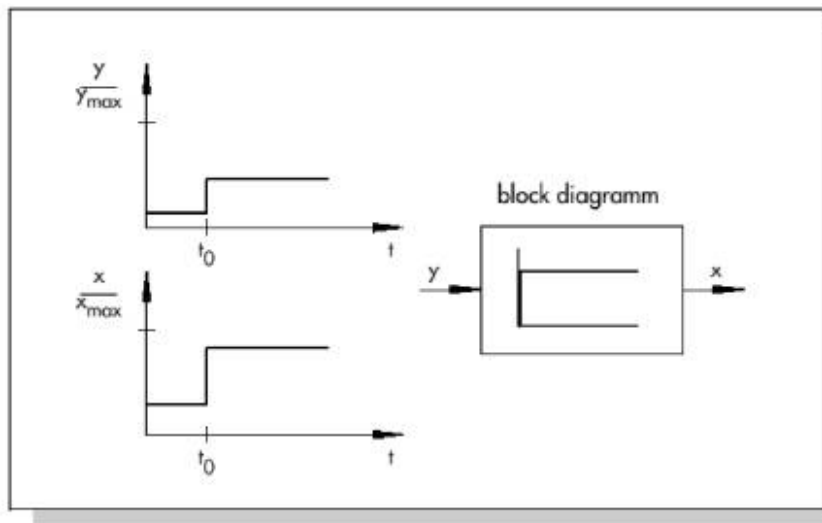


Ilustración 13 Comportamiento Dinámico de un sistema controlado P (y: control de carrera en la valvula; x: caudal en la tubería)

## 2.2. Sistema controlado I.

Sistema controlado I son sistemas sin auto regulación: si la variable manipulada no es igual a cero, el sistema integrado integral responderá con un continuo cambio (Continuo incremento o decremento) de la variable controlada. Un nuevo equilibrio no es alcanzado.

Ejemplo : Nivel de líquido en un tanque.

En un tanque con una salida e igual suministro y descarga alta de caudal, un nivel de liquido constante es alcanzado. Si el suministro o la descarga de flujo cambia, el nivel de líquido se incrementara o caerá. El nivel cambia la velocidad, acrecentando la diferencia entre el suministro y la descarga.

Este ejemplo enseña que el uso de la acción de control proporcional es por lo común limitado en la práctica. La variable controlada se incrementa o decrementa únicamente hasta que esta alcanza un valor limite de sistema relativo: el tanque se rebasará o se vaciara, máxima o mínima presión del sistema es alcanzada, etc.

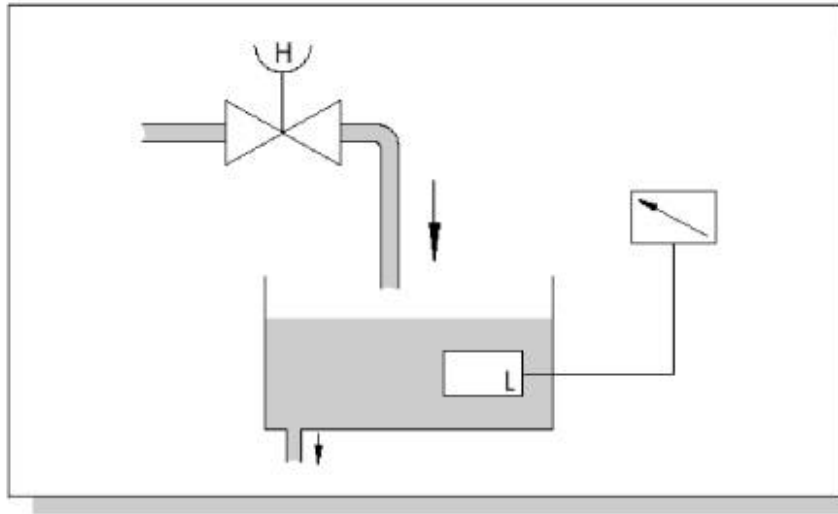


Ilustración 14 Sistema controlado integral; variable controlada: nivel de líquido en un tanque

La ilustración 15 muestra el comportamiento dinámico de un sistema controlado I después de un cambio en la variable de entrada así como el diagrama de bloque para la acción de control integral.

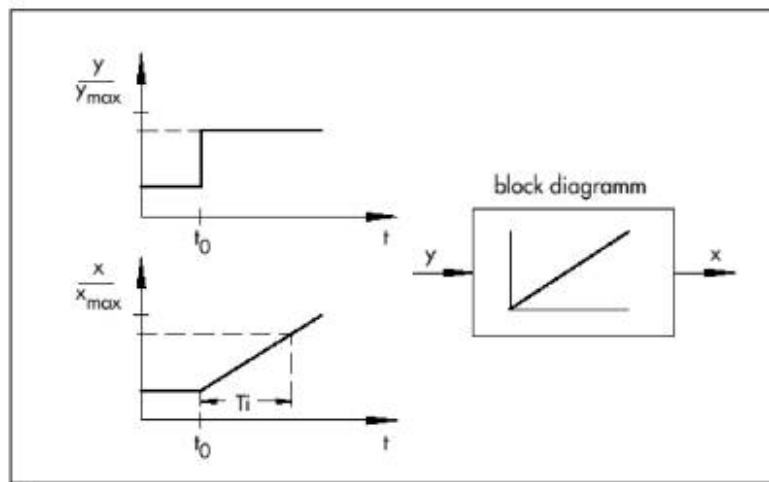


Ilustración 15 Comportamiento dinámico de un sistema integral controlado (y: recorrido de la válvula; x: nivel de líquido en un tanque)

### 2.3. Sistemas controlados con tiempo muerto.

En sistemas con tiempo muerto no hay una respuesta dinámica hasta una cierta cantidad de tiempo transcurrido.

Tiempos muertos son los factores mas difíciles de controlar en los procesos, ocasionando una dilatación de la respuesta en la variable manipulada. Este tipo de sistemas con tiempos muertos hacen oscilar el proceso.

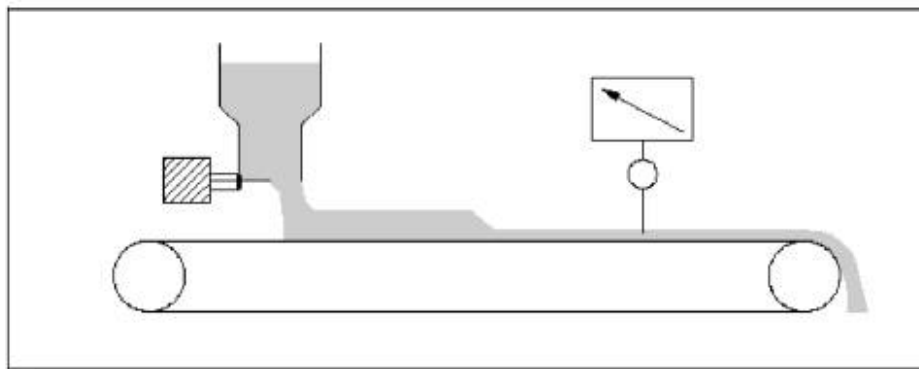


Ilustración 16 Sistema controlado con tiempo muerto

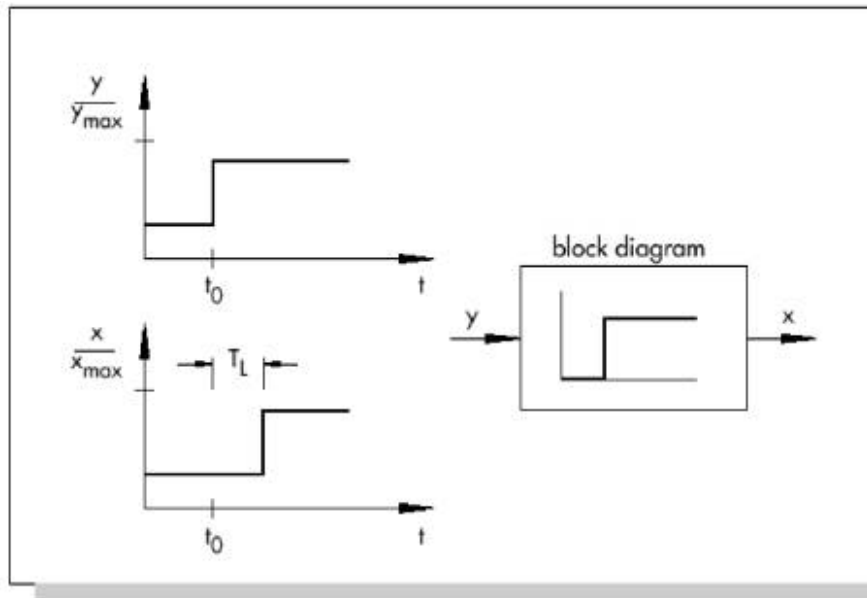


Ilustración 17 Comportamiento dinámico de un sistema controlado con tiempo muerto (y: posición de deslizamiento de la compuerta; x: Cantidad cuantificada)

BIBLIOGRAFÍA.

SAMSON A.G.

