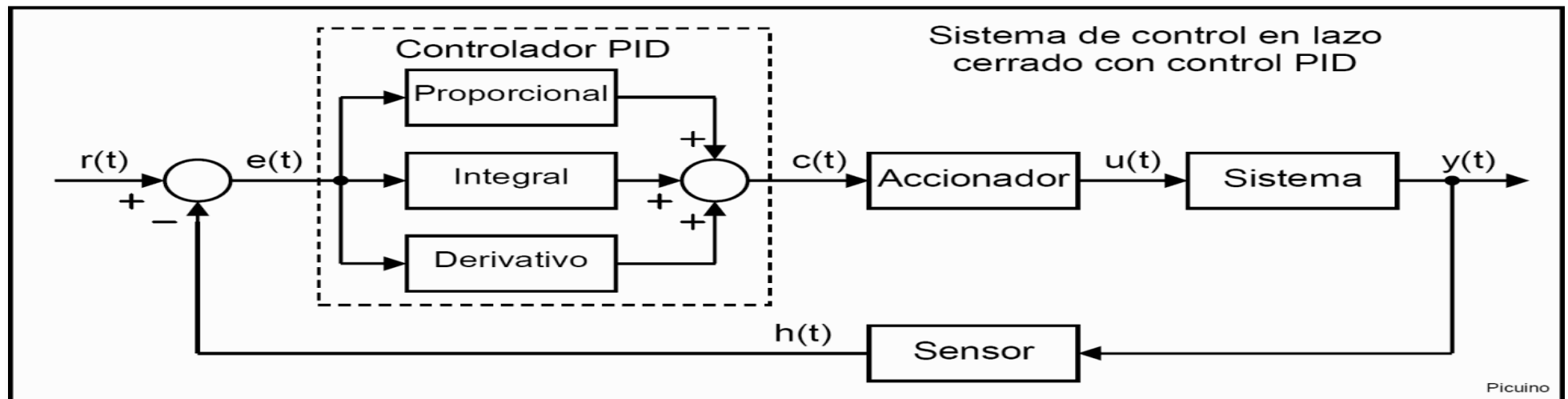


## Controlador PID

Un controlador o regulador PID es un dispositivo que permite controlar un sistema en lazo cerrado para que alcance el estado de salida deseado. El controlador PID está compuesto de tres elementos que proporcionan una acción Proporcional, Integral y Derivativa. Estas tres acciones son las que dan nombre al controlador PID.



## Señal de referencia y señal de error

La señal  $r(t)$  se denomina **referencia** e indica el estado que se desea conseguir en la salida del sistema  $y(t)$ . En un sistema de control de temperatura, la referencia  $r(t)$  será la temperatura deseada y la salida  $y(t)$  será la temperatura real del sistema controlado.

Como puede verse en el esquema anterior, la entrada al controlador PID es la señal de **error**  $e(t)$ . Esta señal indica al controlador la diferencia que existe entre el estado que se quiere conseguir o referencia  $r(t)$  y el estado real del sistema medido por el sensor, señal  $h(t)$ .

Si la señal de error es grande, significa que el estado del sistema se encuentra lejos del estado de referencia deseado. Si por el contrario el error es pequeño, significa que el sistema ha alcanzado el estado deseado.

## Acción de control Proporcional

Como su nombre indica, esta acción de control es proporcional a la señal de error  $e(t)$ . Internamente la acción proporcional multiplica la señal de error por una constante **K<sub>p</sub>**.

Esta acción de control intenta minimizar el error del sistema. Cuando el error es grande, la acción de control es grande y tiende a minimizar este error.

Aumentar la acción proporcional **K<sub>p</sub>** tiene los siguientes efectos:

1. Aumenta la velocidad de respuesta del sistema.
2. Disminuye el error del sistema en régimen permanente.
3. Aumenta la inestabilidad del sistema.

Los dos primeros efectos son positivos y deseables. El último efecto es negativo y hay que intentar minimizarle. Al aumentar la acción proporcional existe un punto de equilibrio en el que se consigue suficiente rapidez de respuesta del sistema y reducción del error, sin que el sistema sea demasiado inestable. Aumentar la acción proporcional más allá de este punto producirá una inestabilidad indeseable. Reducir la acción proporcional, reducirá la velocidad de respuesta del sistema y aumentará su error permanente.

## Acción de control Derivativa

Como su nombre indica, esta acción de control es proporcional a la derivada de la señal de error  $e(t)$ . La derivada del error es otra forma de llamar a la "velocidad" del error. El problema viene al tener en cuenta las inercias.

Cuando el sistema se mueve a una velocidad alta hacia el punto de referencia, el sistema se pasará de largo debido a su inercia. Esto produce oscilaciones en torno a la referencia. Para evitar este problema, el controlador debe reconocer la velocidad a la que el sistema se acerca a la referencia para poder frenarle con antelación a medida que se acerque a la referencia deseada y evitar que la sobrepase.

Al igual que en control proporcional existe una constante de control derivativa **Kd**.

Aumentarla tiene los siguientes efectos:

1. Aumenta la estabilidad del sistema controlado.
2. Disminuye un poco la velocidad del sistema.
3. El error en régimen permanente permanecerá igual.

Esta acción de control servirá por lo tanto para estabilizar una respuesta que oscile demasiado.

## Acción de control Integral

Esta acción de control como su nombre indica, calcula la integral de la señal de **error**  $e(t)$ . La integral se puede ver como la suma o acumulación de la señal de error. A medida que pasa el tiempo pequeños errores se van sumando para hacer que la acción integral sea cada vez mayor. Con esto se consigue reducir el error del sistema en régimen permanente. La desventaja de utilizar la acción integral consiste en que esta añade una cierta inercia al sistema y por lo tanto le hace más inestable.

Al igual que en las otras componentes existe una constante de control integral  **$K_i$** .

Aumentarla tiene los siguientes efectos:

1. Disminuye el error del sistema en régimen permanente.
2. Aumenta la inestabilidad del sistema.
3. Aumenta un poco la velocidad del sistema.

Esta acción de control servirá para disminuir el error en régimen permanente.

## **Saturación y límites del controlador PID**

En los sistemas reales existen limitaciones que reducen la capacidad del controlador para conseguir la respuesta deseada. Por mucho que se aumente la acción proporcional, llegará un momento en el que el accionador se saturará y no podrá dar más de sí.

Por ejemplo, en un sistema de control de temperatura, la resistencia calefactora podrá suministrar potencia hasta los 2000 vatios. Si el controlador intenta entregar más potencia para conseguir más velocidad de calentamiento, no se podrá y el sistema no conseguirá mayor rapidez. Aunque se aumente la acción de control proporcional el límite del accionador de 2000 vatios limita la velocidad máxima de calentamiento.

Por lo tanto hay que tener en cuenta que la velocidad de respuesta de los sistemas reales tiene ciertos límites que el control no podrá superar.