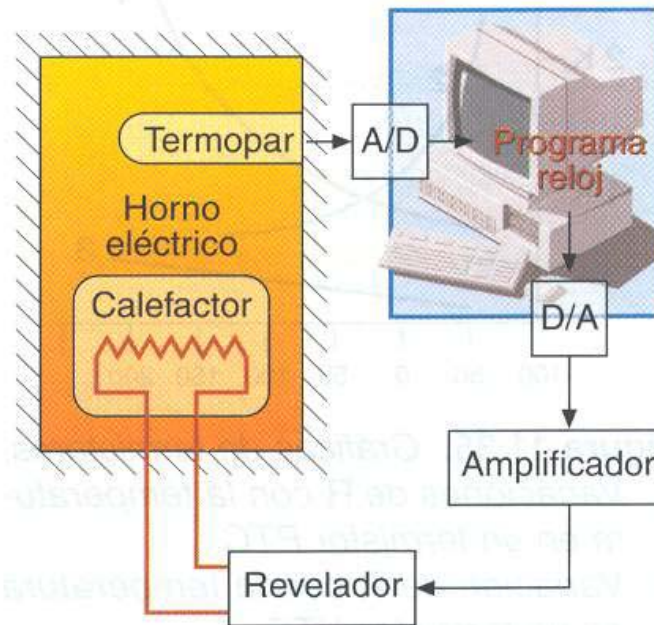
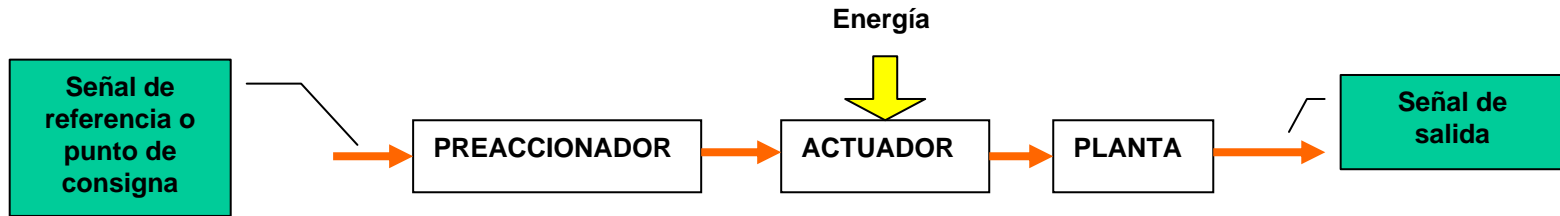


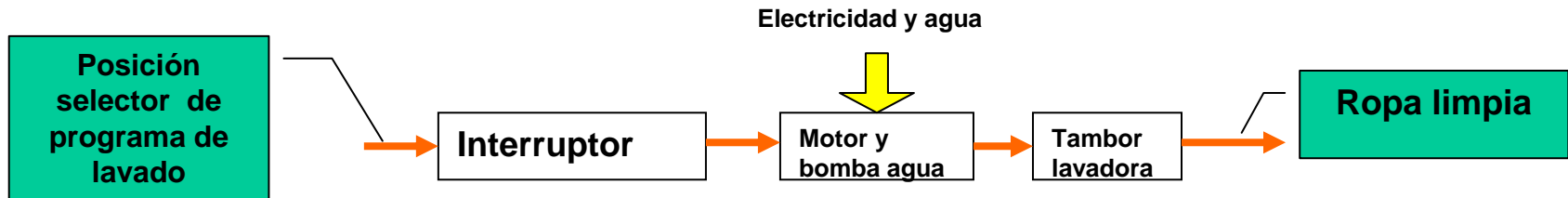
SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICOS



Lazo abierto

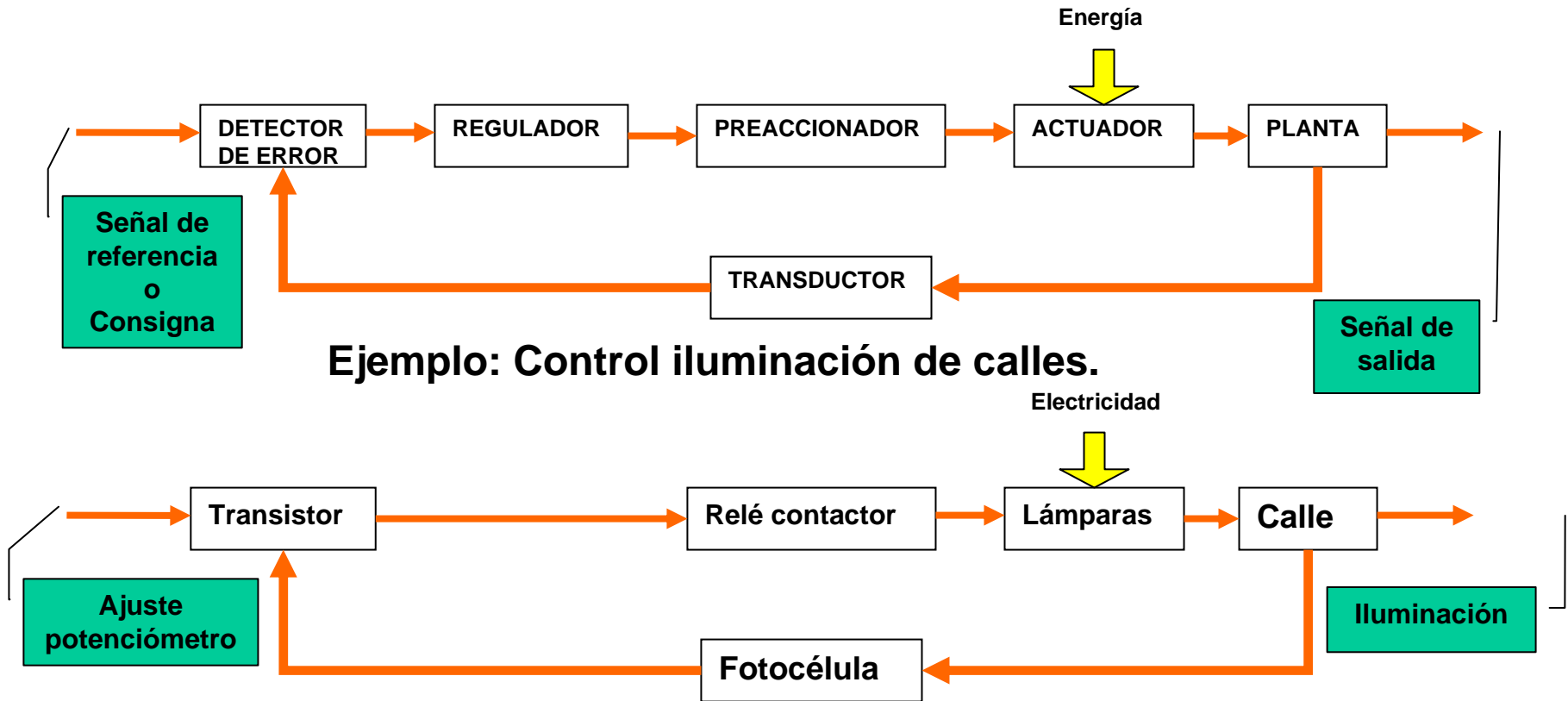


Ejemplo: Proceso de lavado.



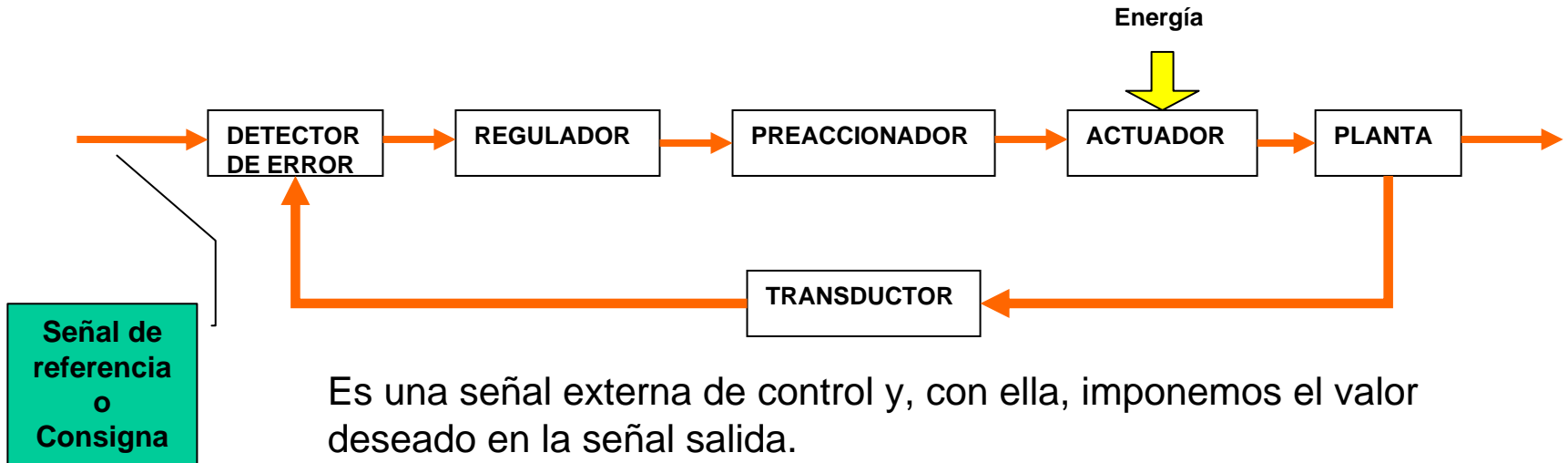
El sistema de control no tiene información del valor de la señal de salida. Por tanto, si se produce una desviación entre el valor esperado y el valor real de salida, el sistema no podrá intervenir de manera autónoma en su corrección.

Lazo cerrado



El sistema de control, a través de un transductor de realimentación, conoce en cada instante el valor de la señal de salida. De esta manera, puede intervenir si existe una desviación en la misma.

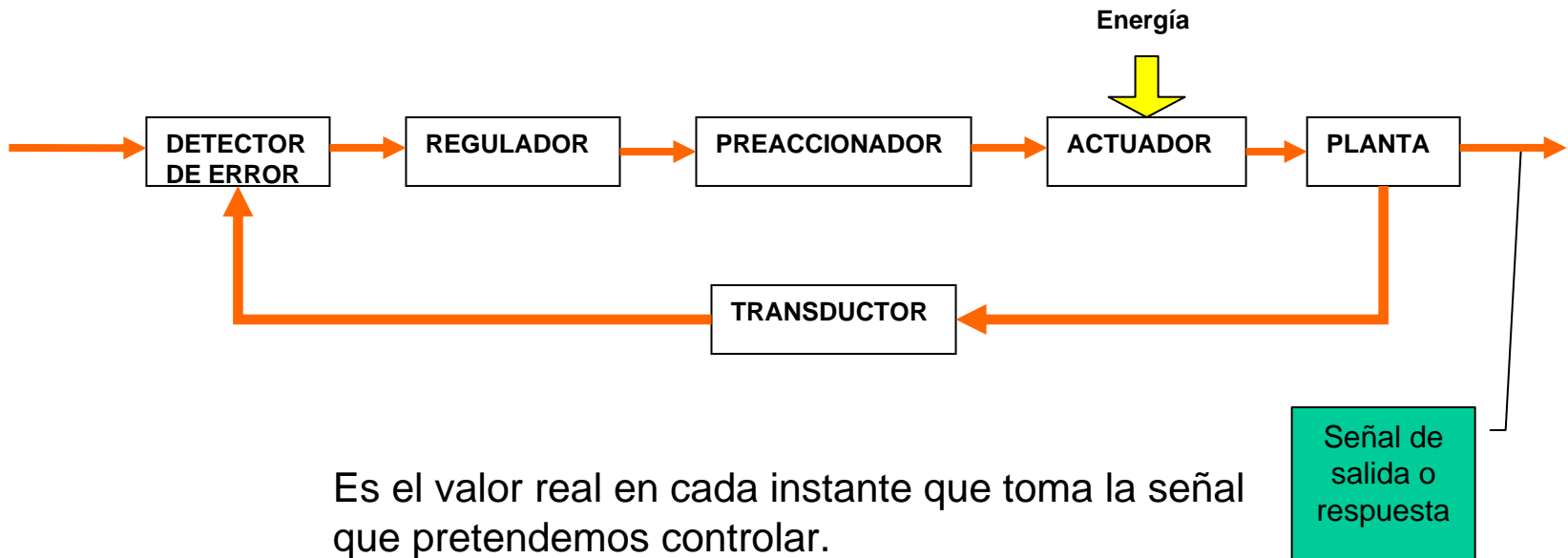
SEÑAL DE REFERENCIA O CONSIGNA



Es una señal externa de control y, con ella, imponemos el valor deseado en la señal salida.

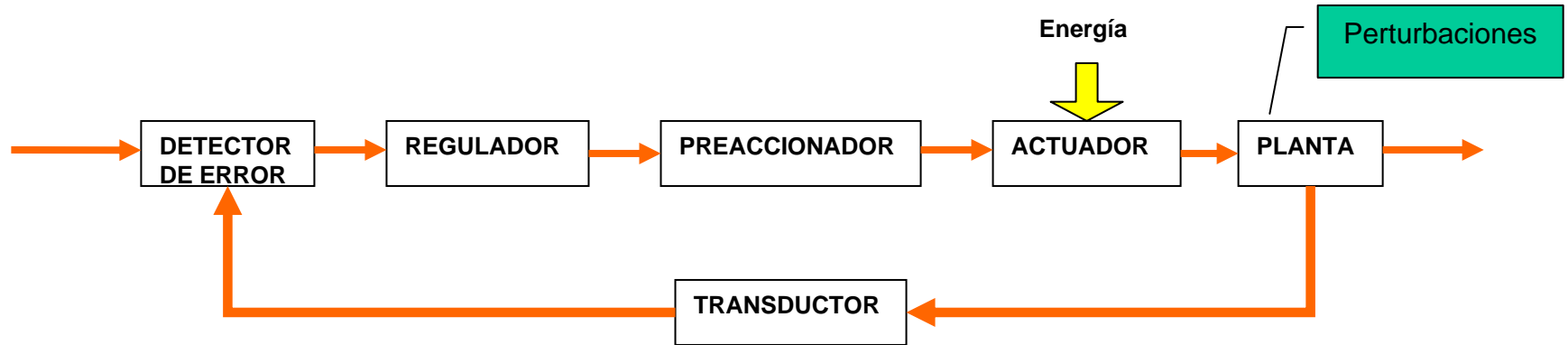
Un ejemplo de generador de referencia es el selector de temperatura en el control de temperatura de una habitación. La **señal de referencia es una posición** que está directamente relacionada con la variable de **salida** que **es la temperatura**.

SEÑAL DE SALIDA O RESPUESTA



Es el valor real en cada instante que toma la señal que pretendemos controlar.

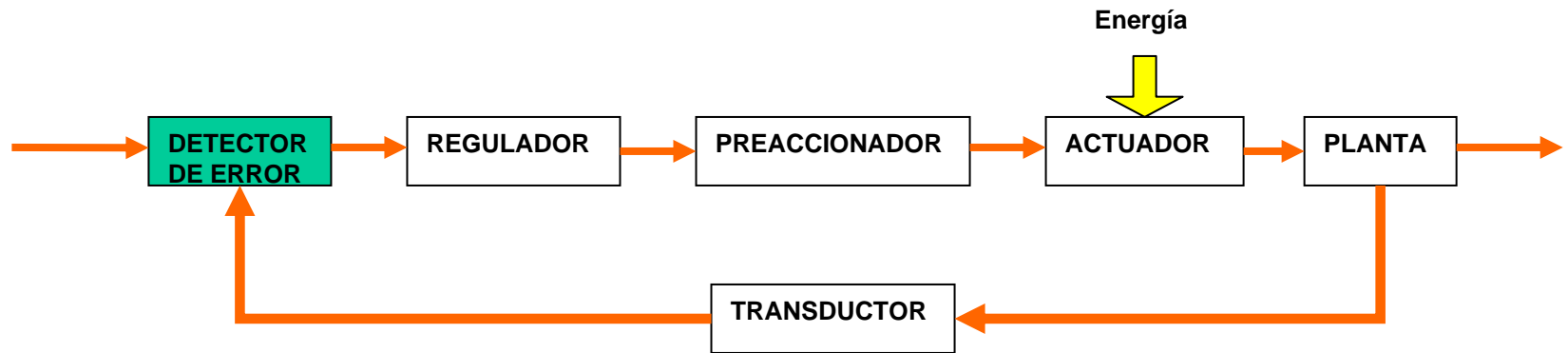
PERTURBACIONES



Las perturbaciones se producen de forma imprevista y provocan una desviación de la señal real respecto de la señal deseada.

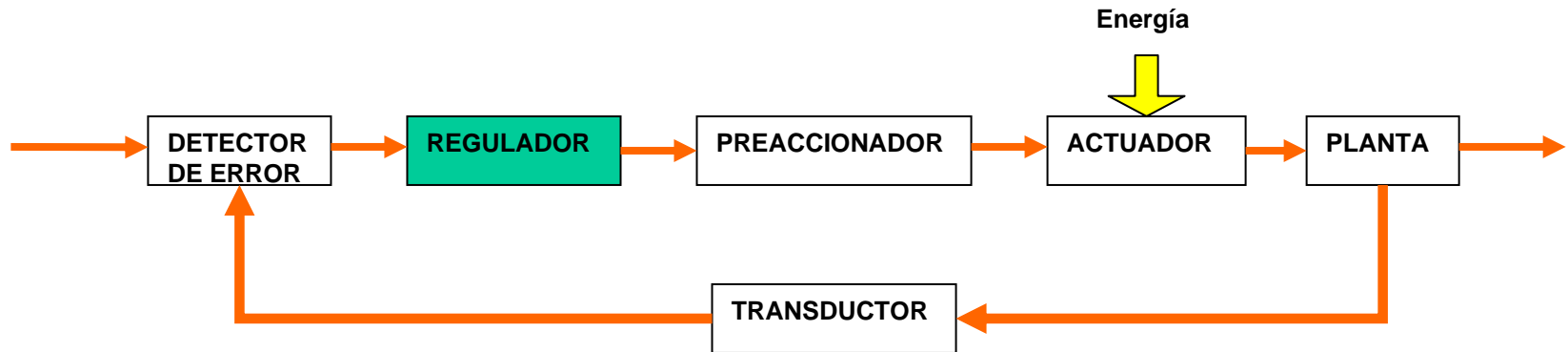
Pueden ser **internas**, que dependen del propio sistema como puede ser el envejecimiento de componentes, o **externas** como, por ejemplo, la apertura de una ventana en un local que se está climatizando.

EL COMPARADOR O DETECTOR DE ERROR



Es el dispositivo encargado de comparar el valor de referencia con el valor de la realimentación. El resultado de dicha comparación constituye el error de funcionamiento o desviación de la salida con relación al valor previsto. Para realizar tal comparación se utilizan diversos procedimientos tecnológicos según sea el tipo de señales a comparar (eléctricos, neumáticos, posición, etc.,)

REGULADOR

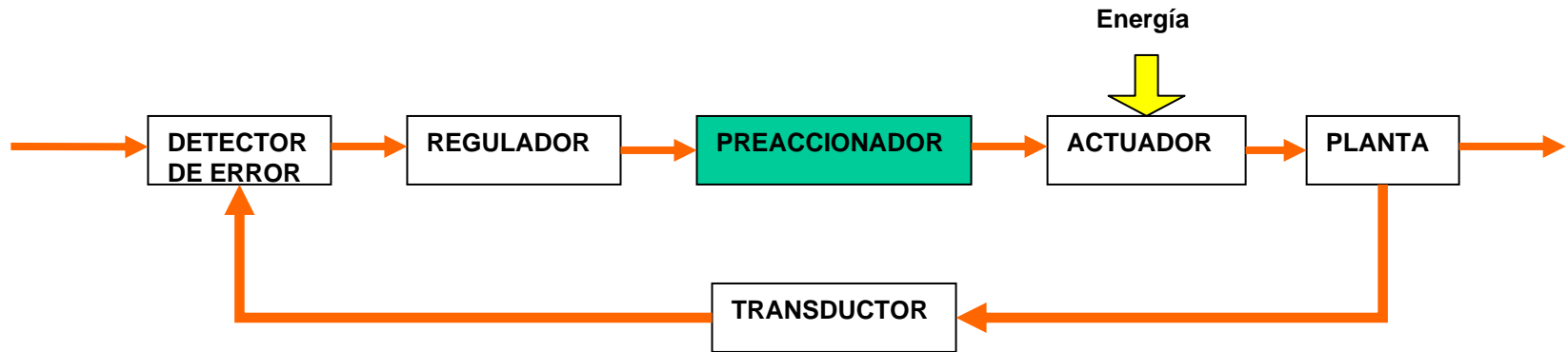


Es el dispositivo encargado de amplificar y modificar adecuadamente la señal de error que le proporciona el comparador con el fin de que la acción de control sobre el sistema sea más eficaz y presente mejores características de funcionamiento en cuanto a precisión, estabilidad, tiempo de respuesta y sobreoscilaciones.

Los reguladores pueden ser de los tipos siguientes: proporcionales (P), proporcional-derivativo (PD), proporcional-integrativo (PI), proporcional-derivativo-integrativo (PID). En la práctica se utilizan los PID.

Para la realización de los reguladores se utiliza normalmente la tecnología eléctrica o neumática.

PREACCIONADOR

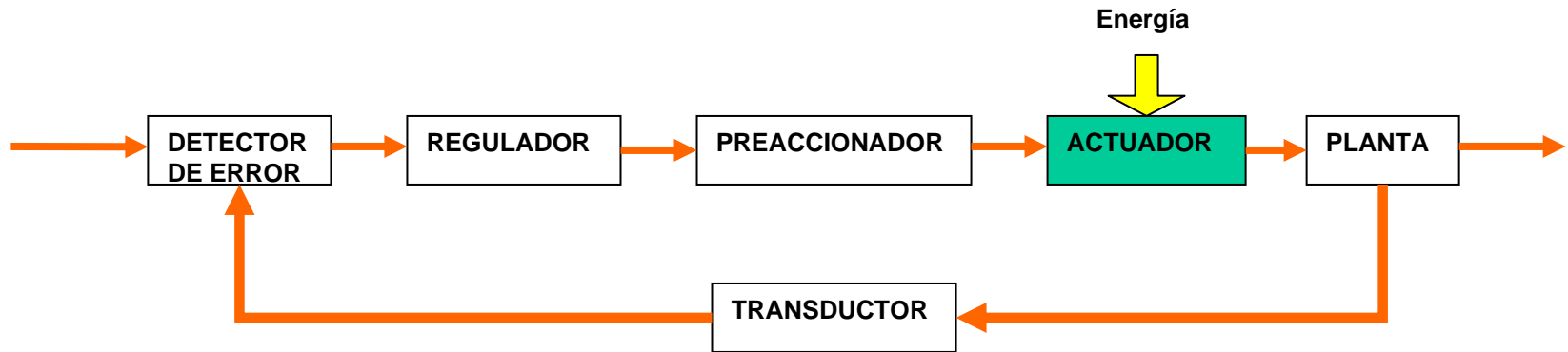


Tiene por finalidad amplificar la señal procedente del regulador para atacar al actuador.

Ejemplo: Un contactor es excitado con una tensión débil de 24 V, 100 mA y, al accionarse, permite la alimentación de energía a un motor trifásico de 380 V, 50 A.

Otros preaccionadores: válvulas distribuidoras, relés, amplificadores transistorizados, triacs, etc.

ACTUADOR O ACCIONADOR

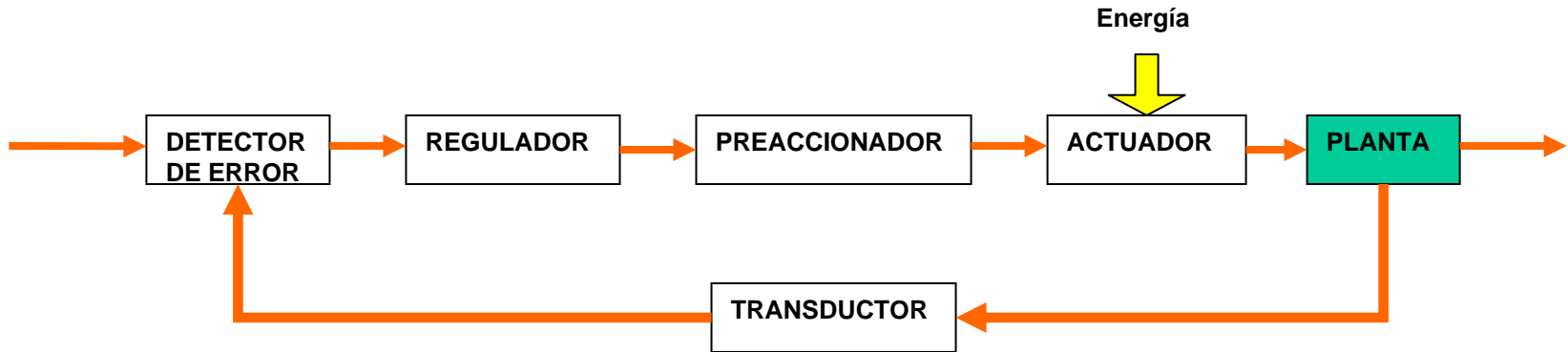


Es el dispositivo de potencia situado en la planta cuyo objeto es entregar energía o realizar un trabajo para mantener el valor de salida en el valor deseado.

Como actuadores se utilizan fundamentalmente: cilindros, motores, posicionadores, resistencias, servoválvulas, etc.

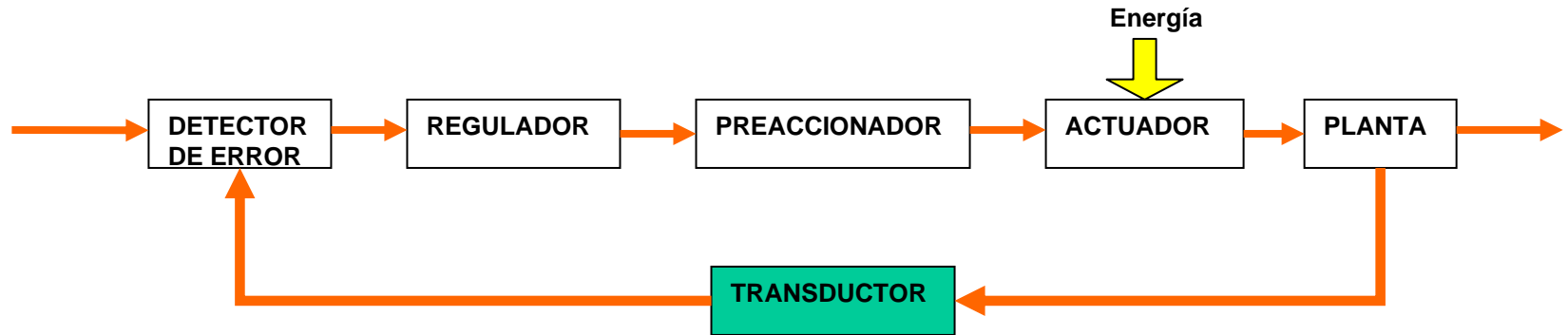
Las variables de entrada a estos dispositivos suelen ser del tipo de intensidades de corriente eléctrica, caudal de líquido o vapor, par aplicado a un eje, etc.

EL SISTEMA O PLANTA



Es el lugar donde se desea realizar la acción de control. Por ejemplo: en un control de temperatura, la planta puede ser una habitación o un horno; en un control de nivel, la planta será un depósito; etc.

TRANSDUCTOR O DETECTOR



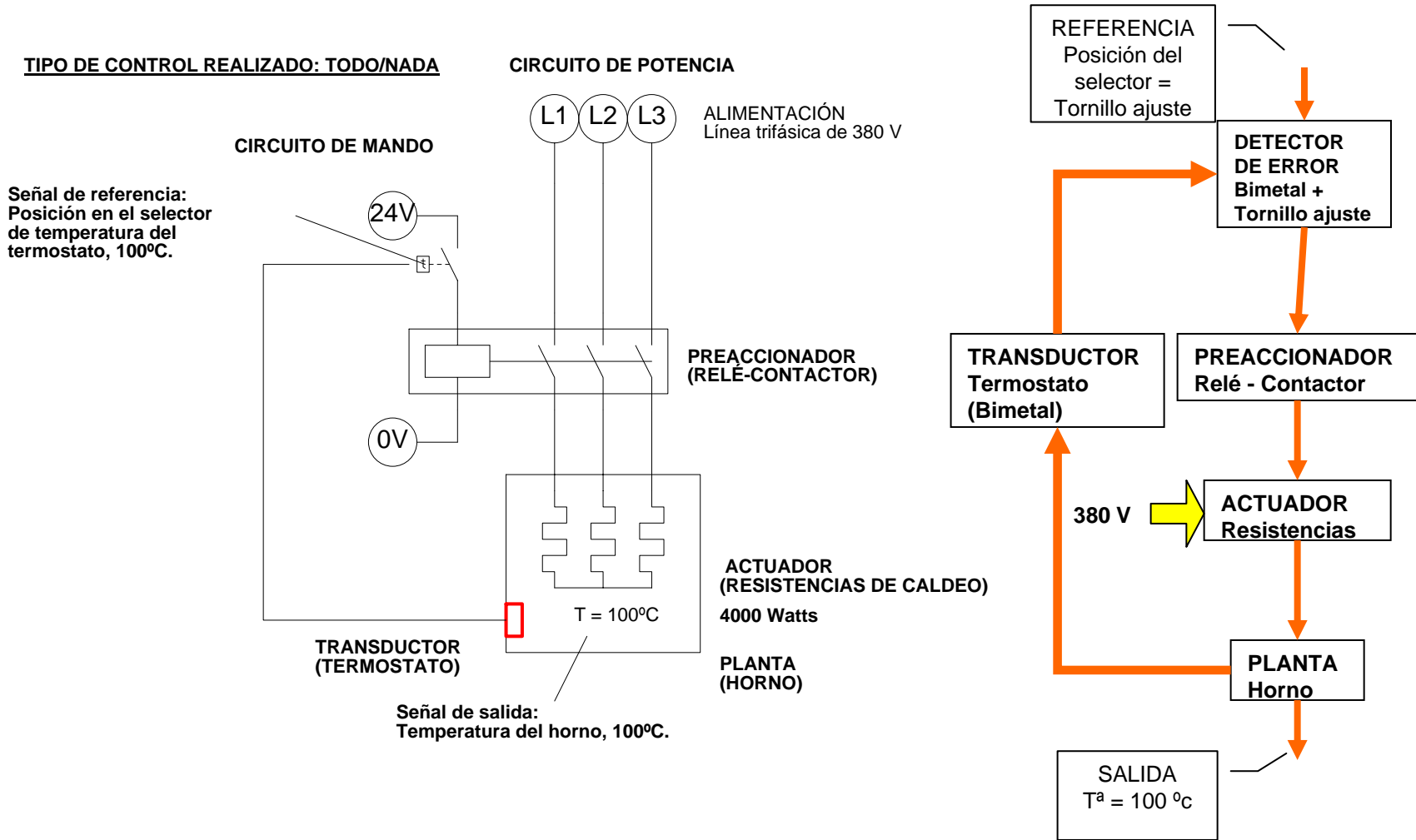
Consiste en un dispositivo capaz de medir en cada instante el valor de la magnitud de salida y proveer una señal proporcional a dicho valor. Normalmente todo transductor consta de dos partes diferenciadas:

El **captador o sensor**, cuya finalidad es captar directamente la magnitud medida (presión, nivel, caudal, temperatura, velocidad, posición, iluminación, etc.;) y

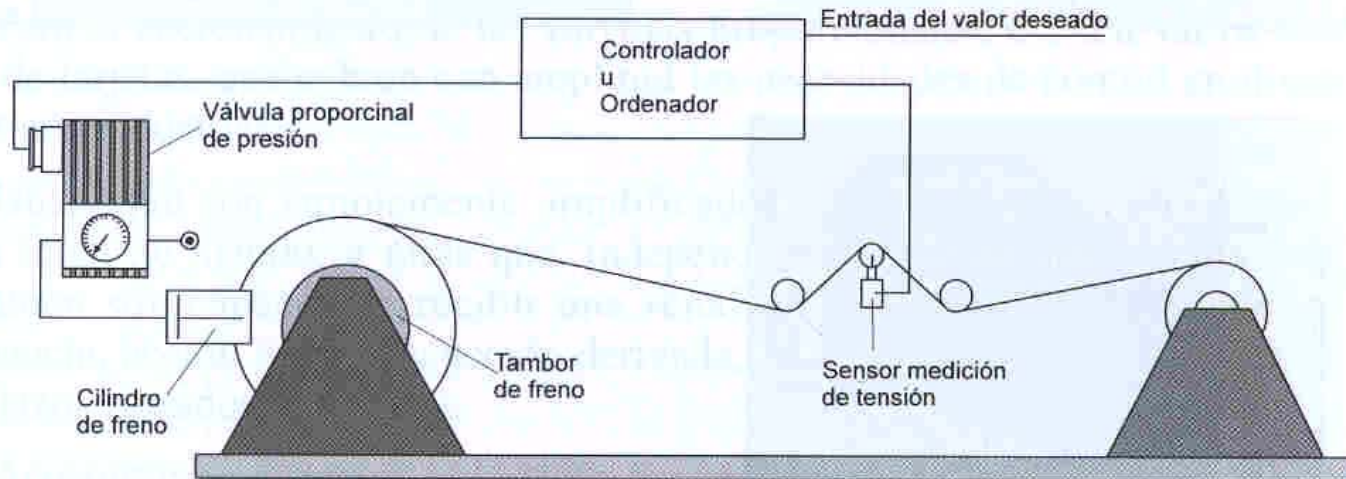
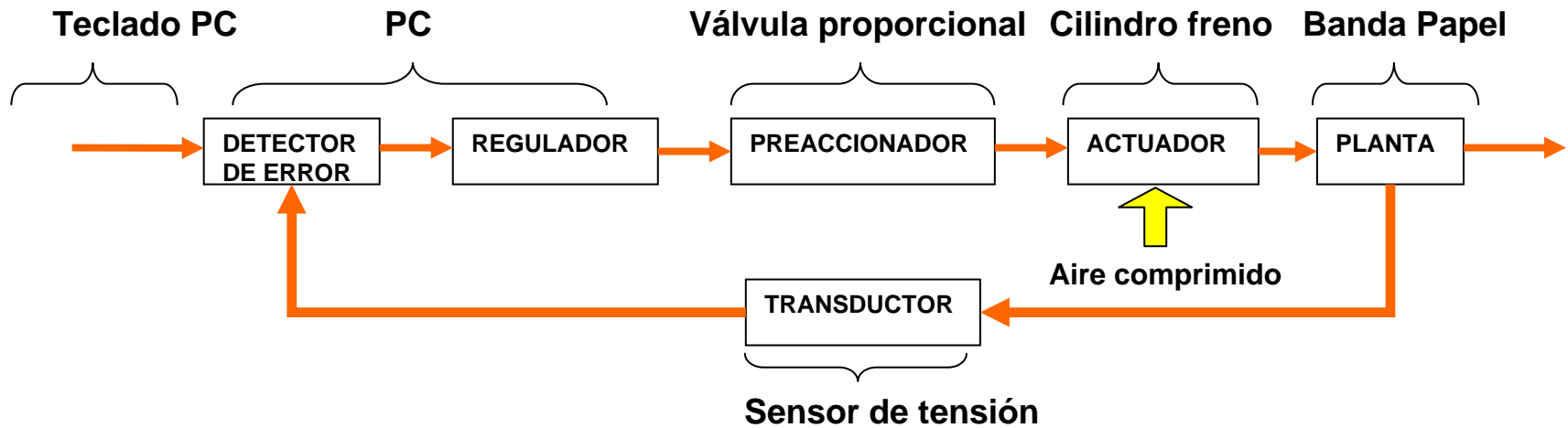
El **transmisor**, que transforma la magnitud vista por el captador en una señal, generalmente eléctrica o neumática, que se enviará al detector de error.

Por ejemplo, en un transductor de proximidad capacitivo, el captador detectará la presencia de un objeto en sus proximidades por la modificación del propio campo eléctrico generado. Esta variación del campo generará una corriente eléctrica en el elemento transmisor y que constituirá la señal de realimentación que llegará al comparador.

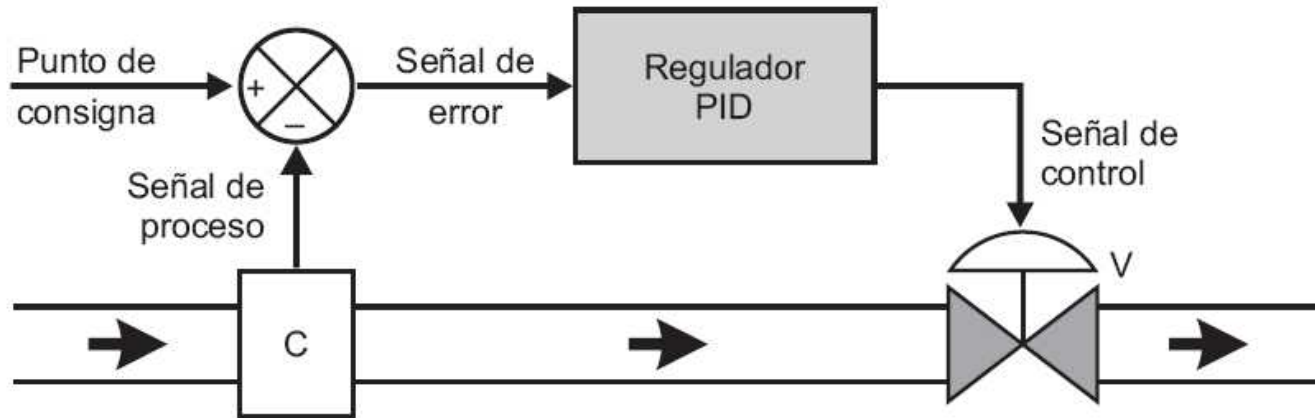
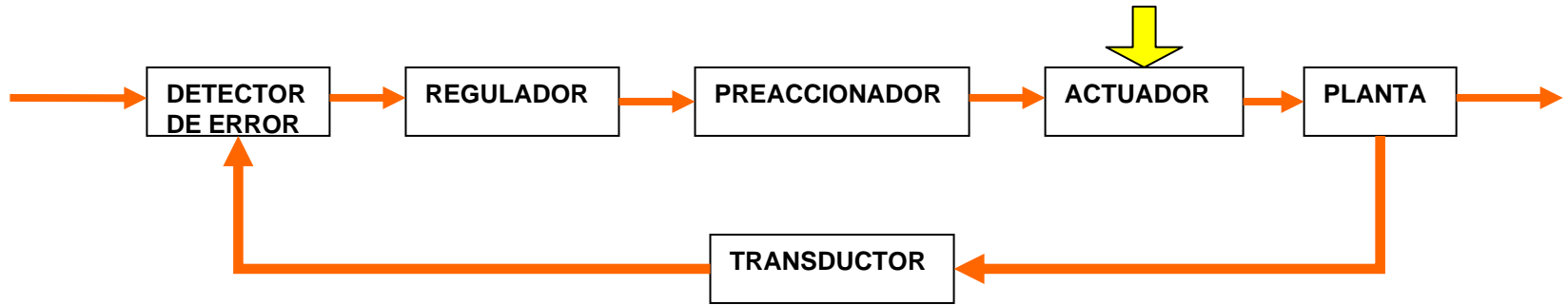
CONTROL DE TEMPERATURA EN UN HORNO (todo/nada)



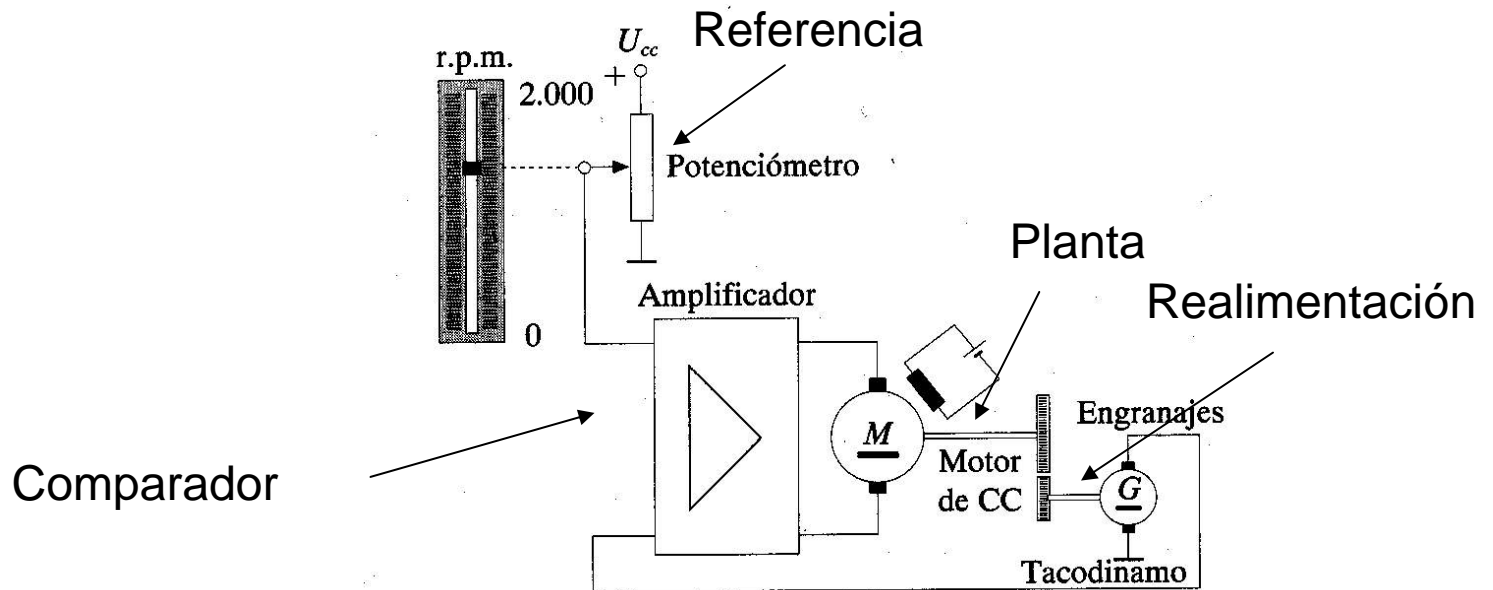
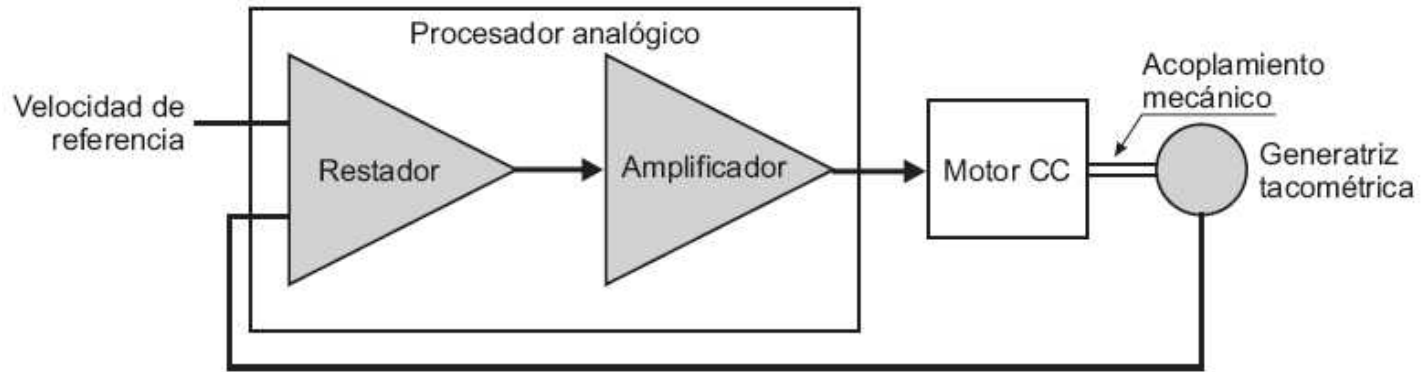
CONTROL DE TENSIÓN EN UNA BANDA DE PAPEL



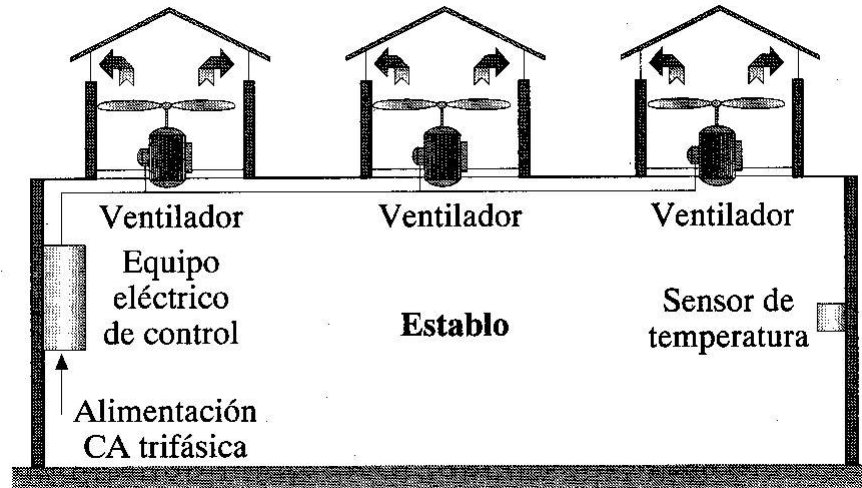
CONTROL DEL CAUDAL EN UNA TUBERÍA



CONTROL DE VELOCIDAD MOTOR DE C.C.

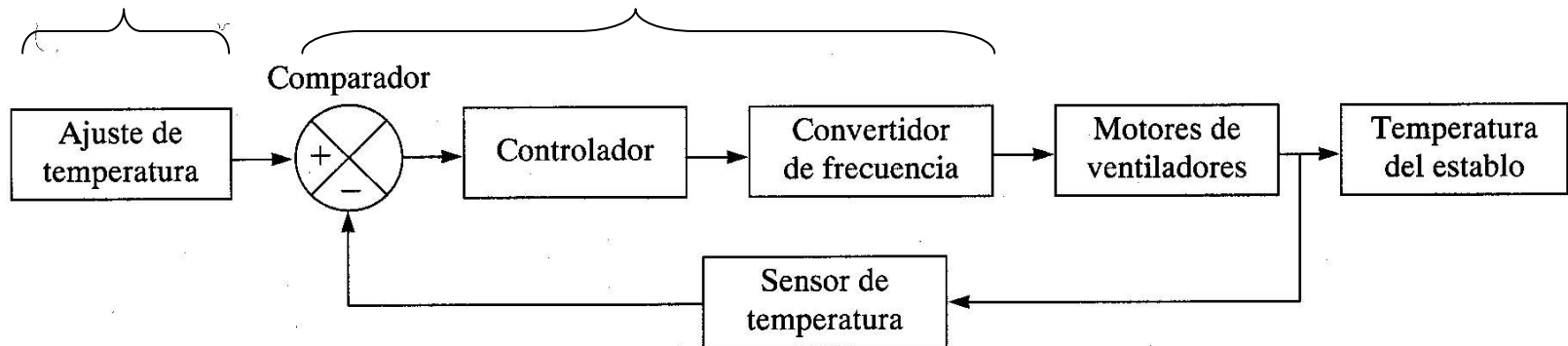


CONTROL DE TEMPERATURA EN UN ESTABLO

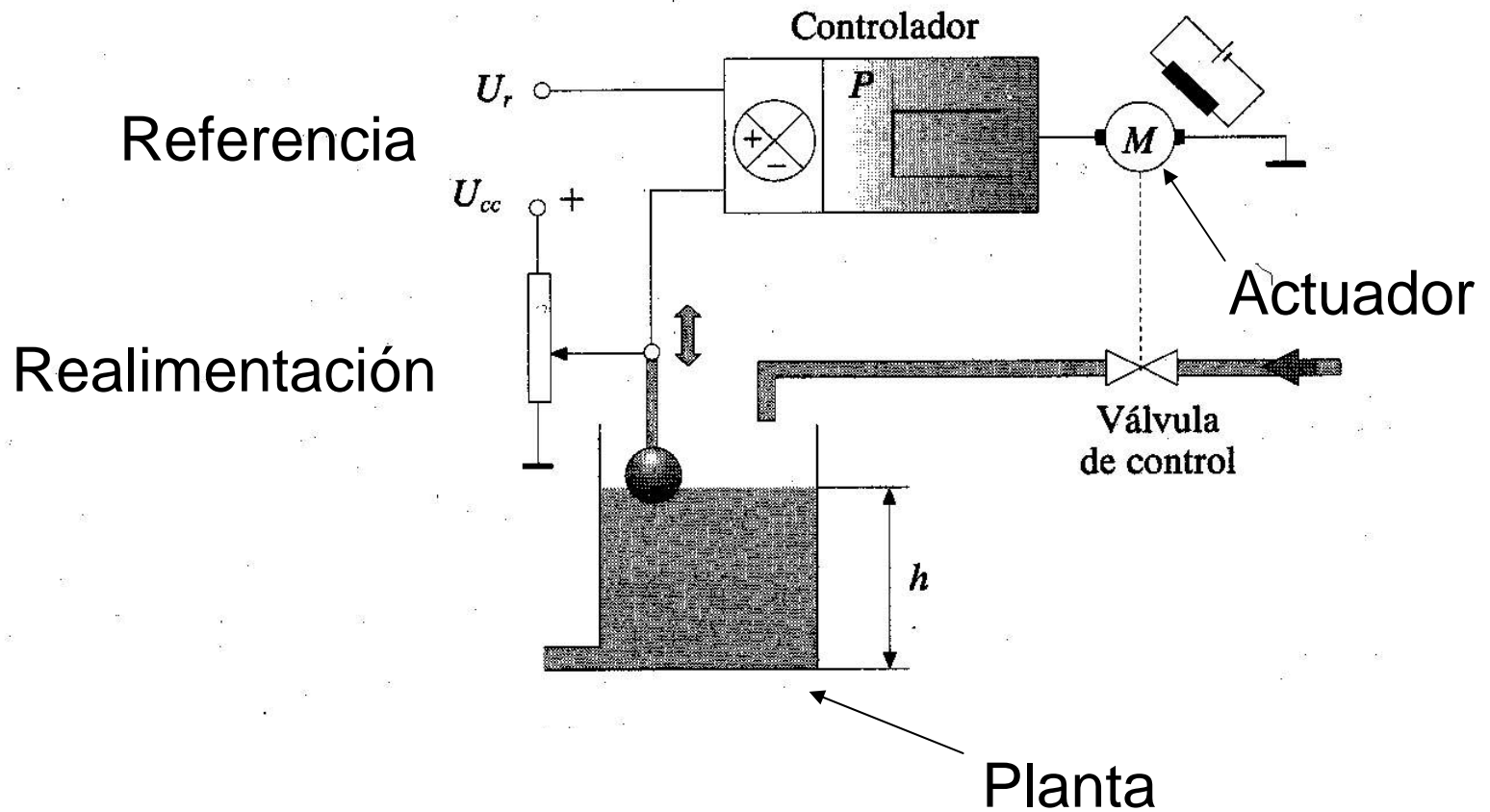


Teclado equipo

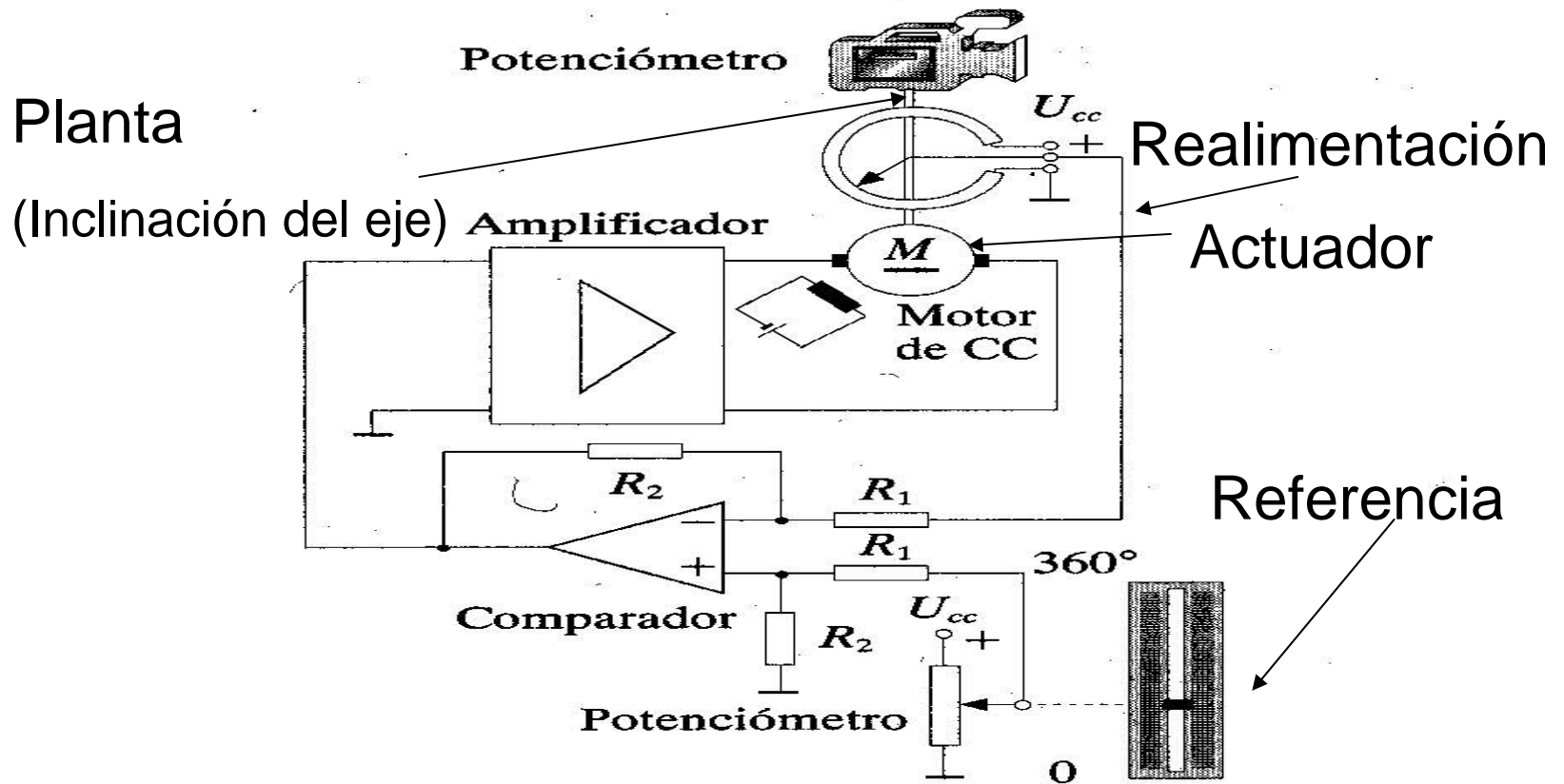
Equipo electrónico de control



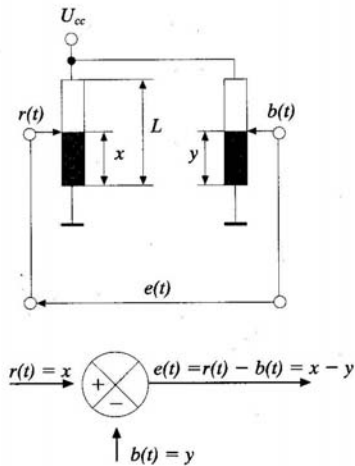
CONTROL DE NIVEL EN UN DEPÓSITO



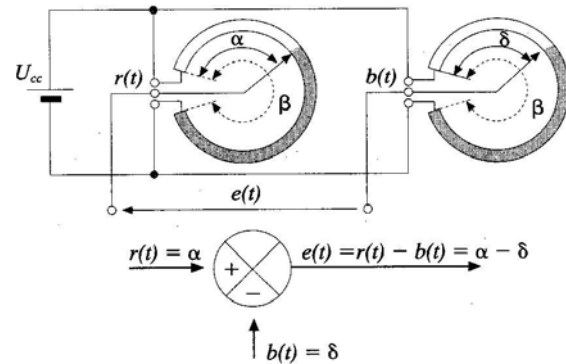
CONTROL DE LA INCLINACIÓN DE UNA CÁMARA



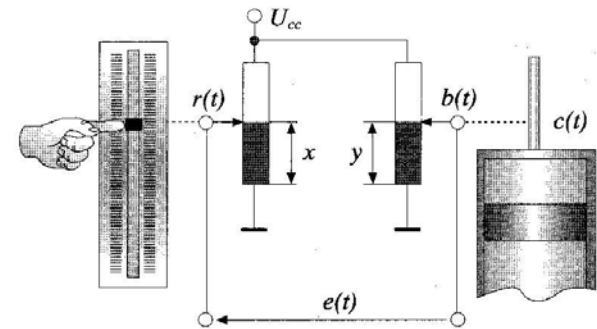
COMPARADORES CON POTENCIÓMETROS



3 Puente de potenciómetros para desplazamientos lineales y su diagrama de bloques.



4 Puente de potenciómetros para desplazamientos angulares y diagrama de bloques.



5 Puente de potenciómetros como comparador en un sistema de control de desplazamiento lineal.

COMPARADOR CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL

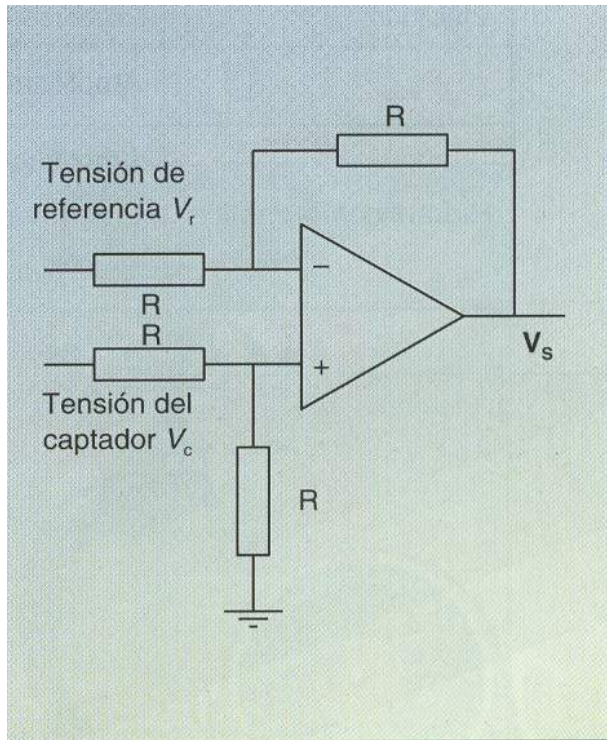
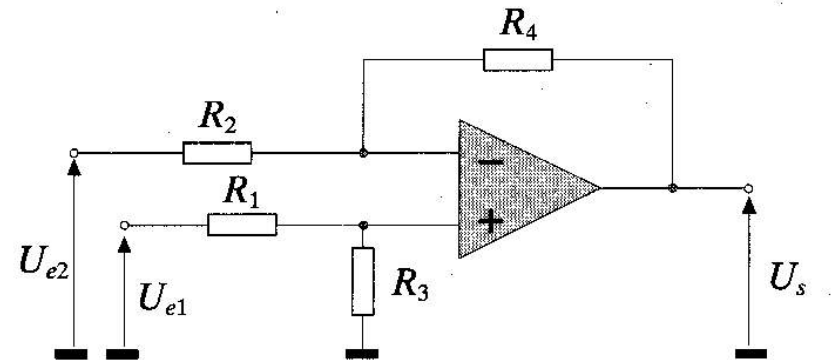
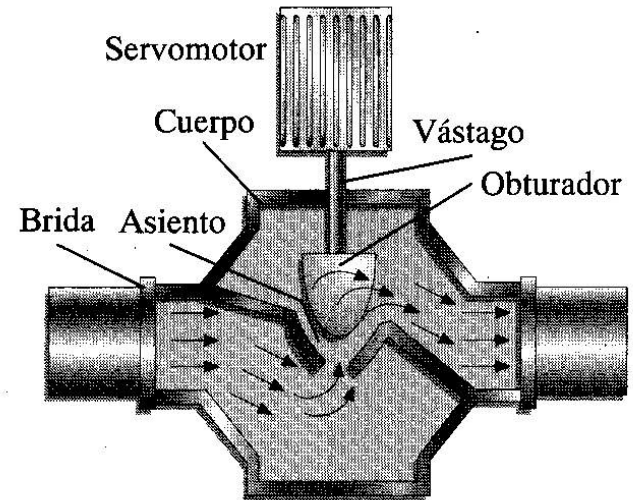
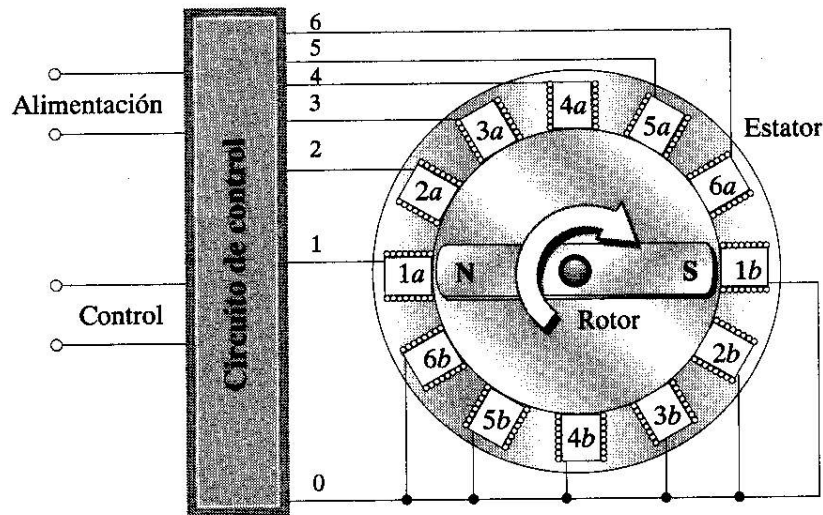


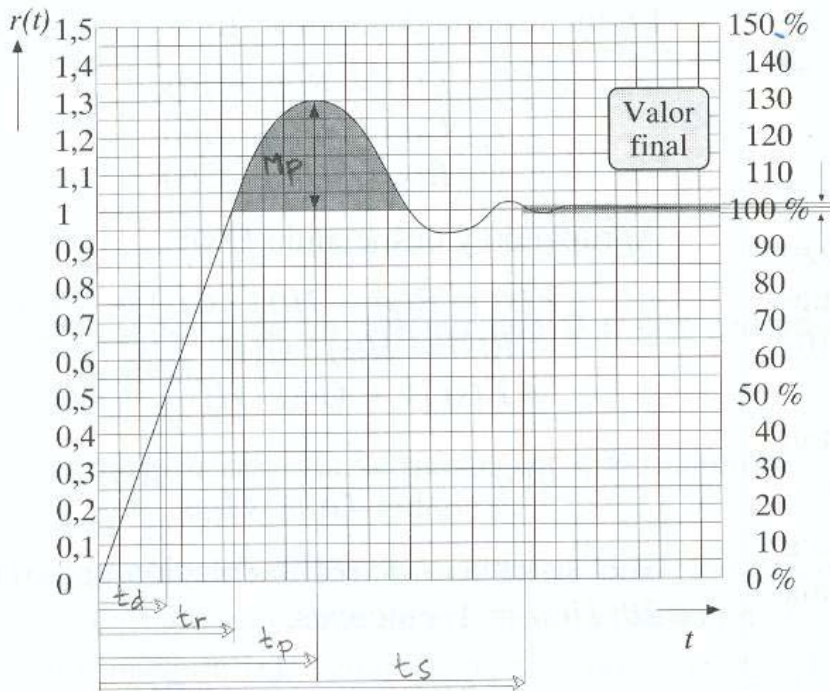
Fig. 31. Amplificador operacional.



ACTUADORES: MOTOR PASO A PASO Y VÁLVULA PROPORCIONAL

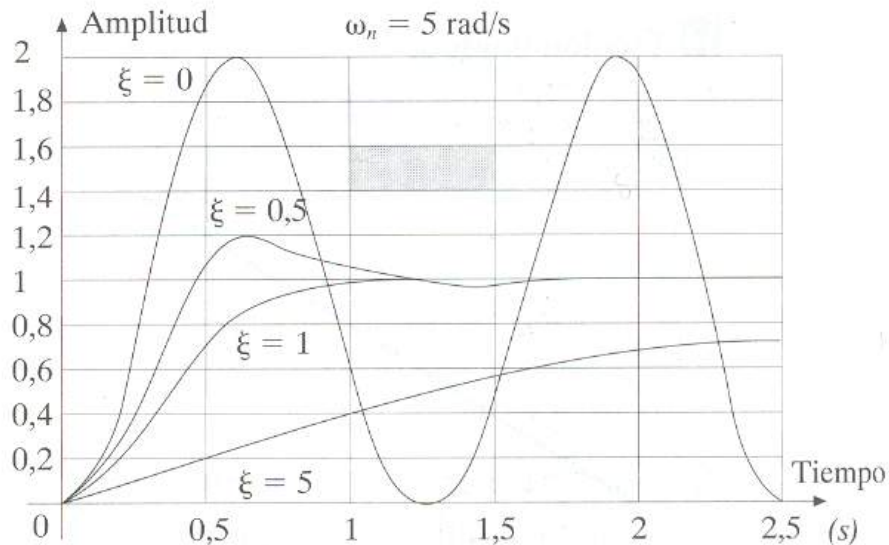


PARÁMETROS DE LA RESPUESTA DE UN SISTEMA DE SEGUNDO ORDEN



- T_d : Tiempo de retardo. Tiempo que tarda la respuesta en alcanzar, por primera vez, el 50% del valor final.
- T_r : Tiempo de crecimiento. Tiempo requerido para que la respuesta adquiera el 100% del valor final.
- T_p : Tiempo de pico. Tiempo transcurrido hasta alcanzar el primer pico del sobreimpulso.
- M_p : Máximo sobreimpulso. Valor de pico máximo de la respuesta.
- T_s : Tiempo de establecimiento. Tiempo requerido por la respuesta para alcanzar y mantenerse dentro de determinado margen alrededor del valor final (generalmente $\pm 2\%$).

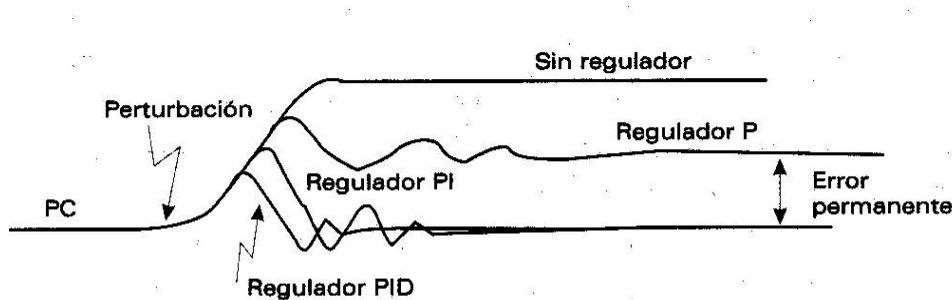
RESPUESTA TRANSITORIA DE UN SISTEMA ANTE UNA ENTRADA ESCALÓN UNITARIO



17 Respuesta de un sistema de segundo orden ante una entrada escalón unitario.

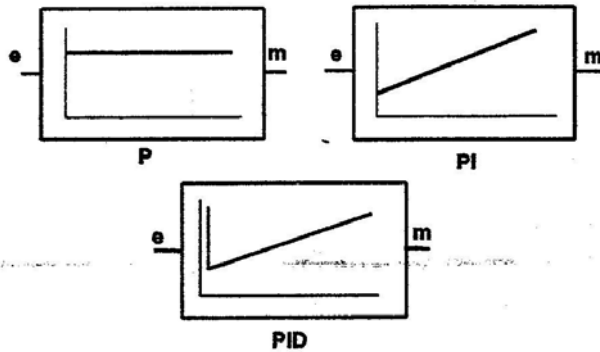
- ξ : Coeficiente de amortiguamiento. Es un coeficiente adimensional del polinomio del denominador de la función de transferencia del sistema.
- Sistema sin amortiguamiento $\xi = 0$. La respuesta es de tipo senoidal no amortiguada. Sistema inestable u oscilatorio.
- Sistema subamortiguado $0 < \xi < 1$. La respuesta es de tipo oscilatorio amortiguado. Caso habitual.
- Sistema con amortiguamiento crítico $\xi = 1$. La respuesta no oscila y es uniformemente creciente de forma exponencial tendiendo al valor de la señal de entrada.
- Sistema sobreamortiguado $\xi > 1$. Respuesta exponencial pero con velocidad de crecimiento menor.

EFFECTOS DE LOS REGULADORES SOBRE LA RESPUESTA DEL SISTEMA

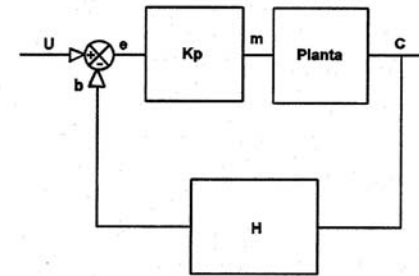


- **Sin regulador**, la salida permanece en el nuevo valor alcanzado después de la perturbación.
- **Con regulador P**, el sistema reacciona alcanzando la salida un nuevo valor no coincidente con el punto de consigna manteniéndose un cierto error.
- **Con regulador PI**, no hay tanto sobrepasamiento por encima del PC y, sobretodo, la medida alcanza de nuevo a la consigna resultando un error cero.
- **Con regulador PID**, se producen dos mejoras: menor sobrepasamiento sobre PC y menor número de oscilaciones dando lugar a una recuperación más rápida .

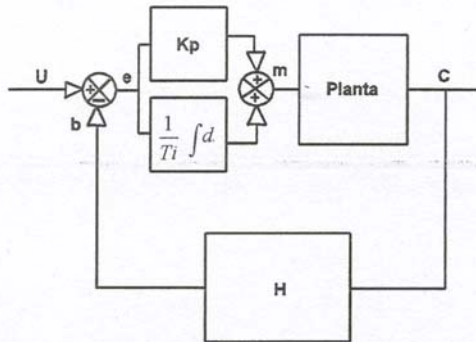
TIPOS DE REGULADORES



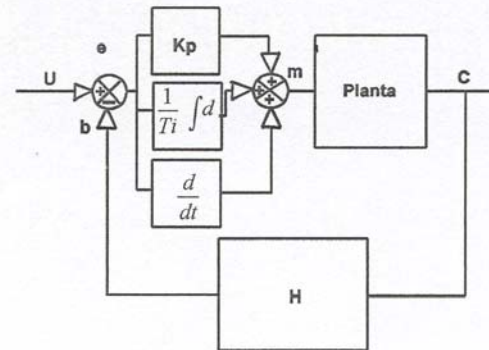
SIMBOLOS



Sistema de control con regulador de acción proporcional

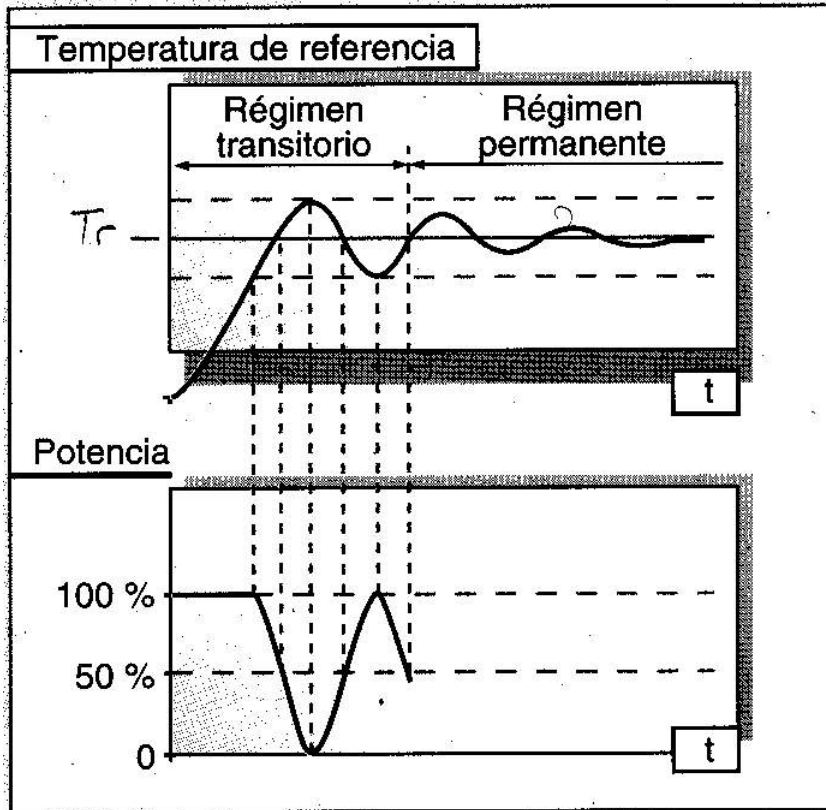


Sistema de control con regulador de acción proporcional e integral



Sistema de control con regulador de acción proporcional, integral y derivativa

REGULADOR PROPORCIONAL



MODO DE FUNCIONAMIENTO

Consideremos un ejemplo de control de temperatura. Para ello las resistencias de caldeo serán recorridas por una corriente eléctrica variable en función de la temperatura.

El regulador proporcional permite ejercer un control sobre la salida haciendo que ésta varíe de forma proporcional a la señal de error.

Esta corrección comienza cuando el valor que toma la señal de salida alcanza el límite inferior de la banda proporcional. En este instante, la intensidad de corriente comenzará a disminuir. Cuando la temperatura de salida coincida con la de referencia, la corriente habrá disminuido un 50% y, cuando la temperatura de salida alcance el límite superior de la banda proporcional, no circulará corriente por las resistencias.

La temperatura, ahora, comienza a descender y la corriente en las resistencias empieza a crecer. La temperatura real pasará, en su descenso, por el valor de referencia. En este momento, la intensidad habrá subido hasta un 50% de su valor máximo. Cuando la temperatura de salida coincida con el límite inferior de la banda proporcional, la corriente será máxima.

Poco a poco, las oscilaciones irán reduciéndose en amplitud y la señal de salida se aproximará al valor de referencia.

La diferencia entre la referencia y la respuesta del sistema se llama OFFSET.

Una banda proporcional muy estrecha implica la aparición de oscilaciones, de manera que el sistema no llega a estabilizarse.

Una banda muy ancha, puede no producir oscilaciones pero determina un offset muy elevado.

CONTROL TODO/NADA

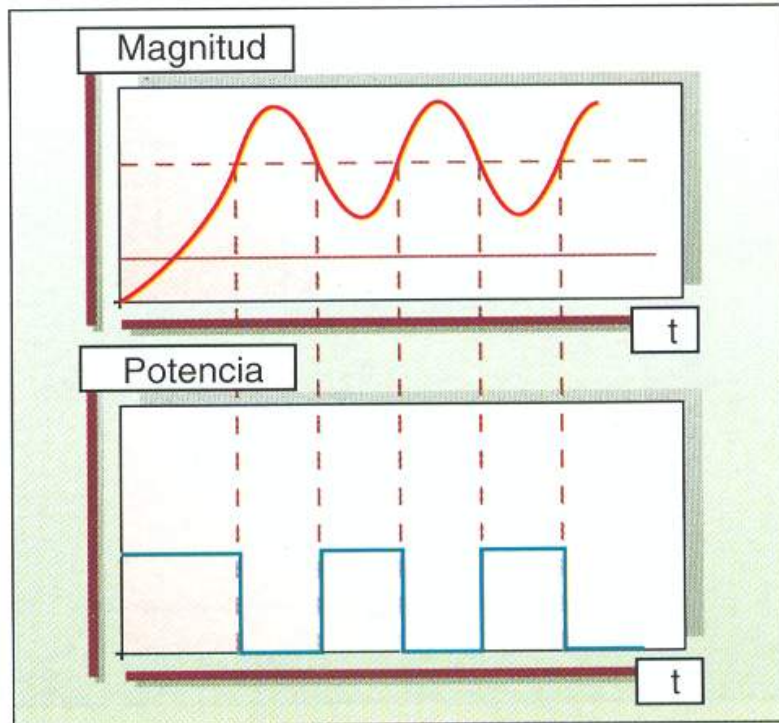
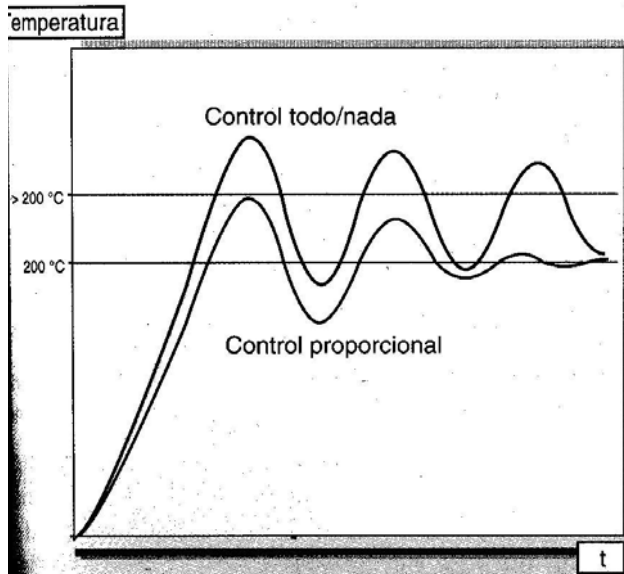


Fig. 23. Oscilación de la señal en un control todo/nada.

CARACTERÍSTICAS:

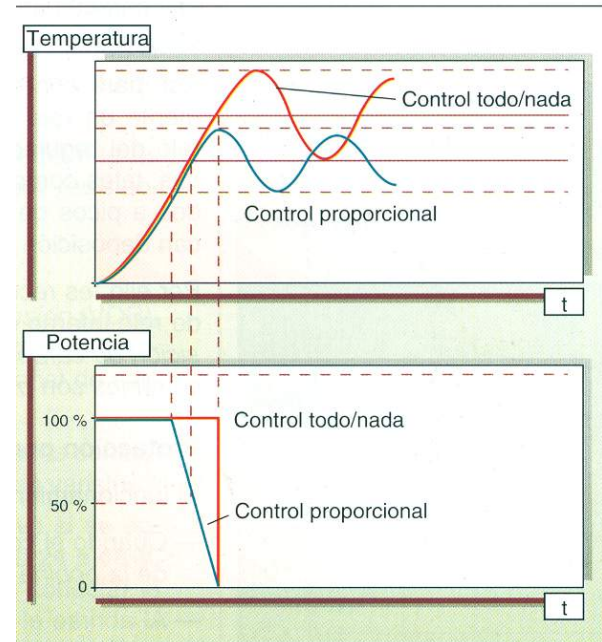
- No utiliza reguladores.
- El control no es continuo en el tiempo y no permite, por tanto, precisión en el ajuste de la variable al punto de referencia.
- El sistema conecta y desconecta toda la potencia cuando la variable de salida se aleja o alcanza, respectivamente, el punto de referencia.
- Ejemplo típico de este control es el de una estufa con termostato.
- En la figura, si queremos mantener la salida por encima de un valor mínimo, deberemos establecer la referencia en un valor mayor a aquel.

COMPARACIÓN ENTRE EL CONTROL CON REGULADORES Y EL CONTROL TODO/NADA



Si utilizamos un **control todo/nada**, la variable oscilará en torno al punto de referencia. Por lo tanto, para garantizar que el material se mantenga a 200°C, el punto de referencia deberá situarse por encima de este valor, lo que supone un mayor consumo energético.

Por el contrario, el uso de un **regulador PID** permitirá situar el punto de referencia a 200°C, ya que este dispositivo es capaz de situar la señal prácticamente sobre ella.



En un **control todo/nada**, en la fase de arranque y hasta que el material alcance el valor de referencia, el aporte de potencia será del cien por cien.

En cambio, la utilización de un **regulador proporcional** reduce progresivamente el aporte de potencia una vez que la señal ha alcanzado el límite inferior de la banda proporcional.

CONTROLADOR INDUSTRIAL E5AX DE OMRON



APLICACIÓN DE UN CONTROLADOR

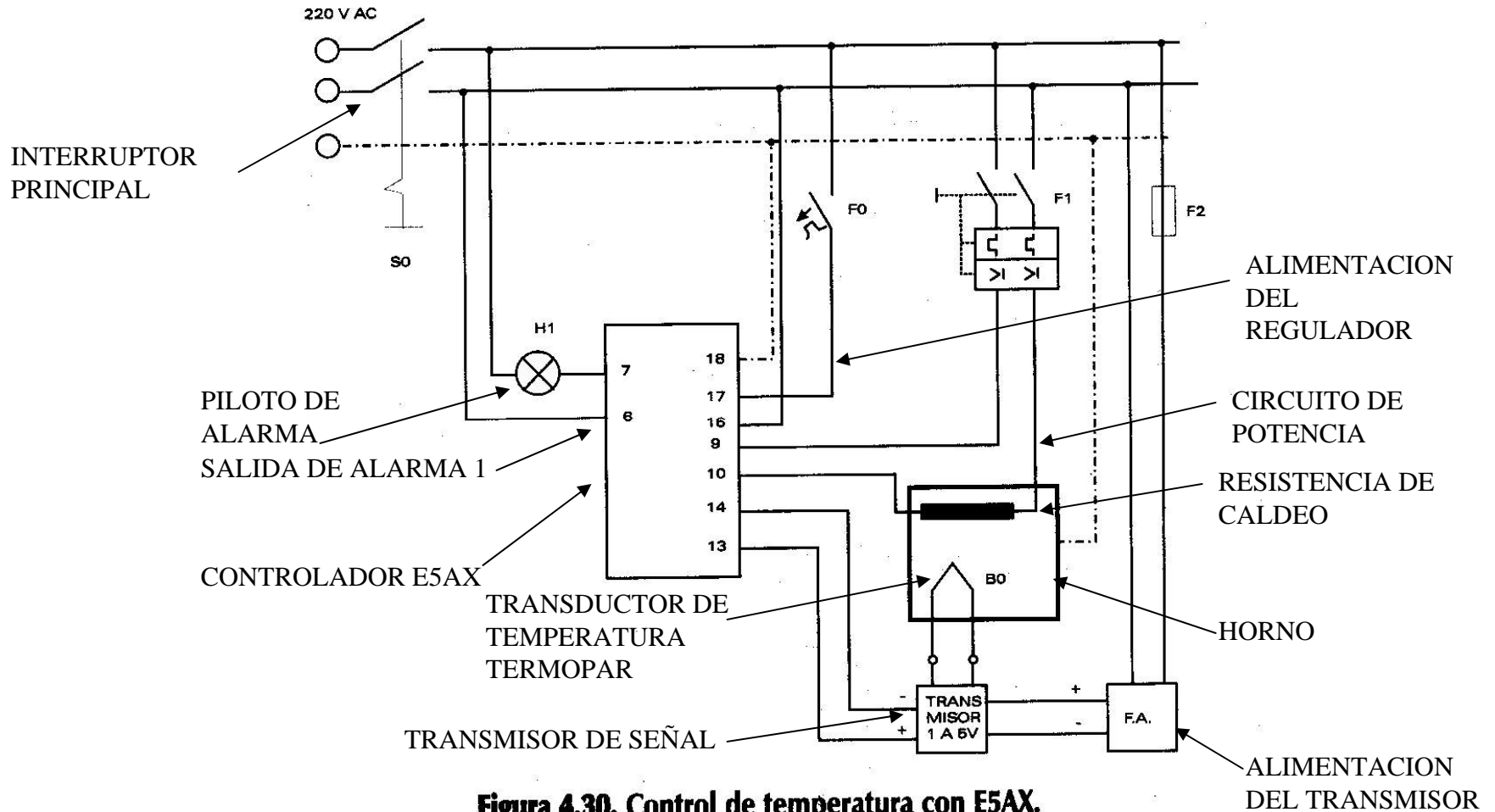


Figura 4.30. Control de temperatura con E5AX.