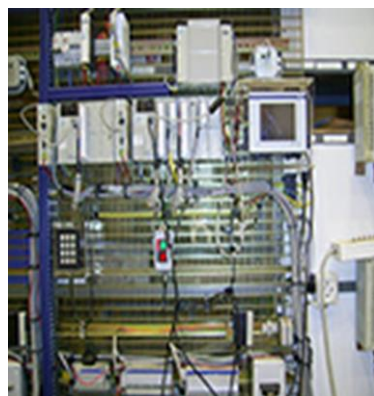


# ***CONCEPTOS BÁSICOS DE LA AUTOMATIZACIÓN***



# INDICE

1.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
2.	<b>REPRESENTACIÓN SISTEMÁTICA</b> .....	4
	2.1 SISTEMA DE LAZO ABIERTO.....	4
	2.2. SISTEMA DE LAZO CERRADO.....	5
3.	<b>DIAGRAMAS DE BLOQUES</b> .....	6
	3.1. ASOCIACIÓN DE BLOQUES EN SERIE.....	7
	3.2. ASOCIACIÓN DE BLOQUES EN PARALELO.....	7
	3.3. SISTEMA DE LAZO CERRADO.....	8
4.	<b>LOS ACTUADORES</b> .....	10
	4.1. ACTUADORES NEUMÁTICOS.....	10
	4.2. ACTUADORES ELÉCTRICOS.....	10
5.	<b>LOS SENSORES</b> .....	12
	5.1. SENSORES DE POSICIÓN Y DE PROXIMIDAD.....	12
	5.2. SENSORES DE VELOCIDAD.....	15
	5.3. SENSORES DE TEMPERATURA.....	17
	5.4. SENSORES DE PRESIÓN.....	18
6.	<b>AMPLIFICADORES ELECTRÓNICOS</b> .....	20

# 1. INTRODUCCIÓN

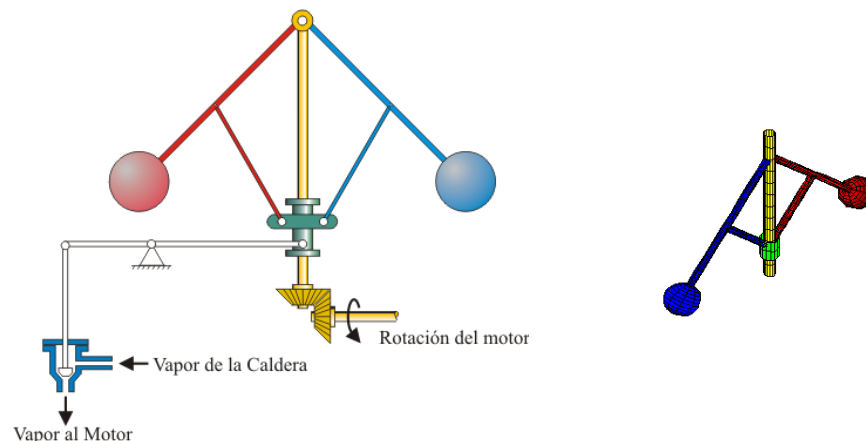
La automatización de los procesos industriales exige la presencia de elementos que controlen si existe alguna variación y que lleven a cabo acciones correctoras sin intervención humana. El control, por tanto, presenta dos variantes:

- **la medición de magnitudes**
- **la regulación del proceso**

Los términos básicos que se utilizan en automatización son:

- **Planta:** el sistema que se quiere controlar
- **Proceso:** la secuencia de operaciones que se realizan en la planta
- **Sistema:** el conjunto de elementos que llevan a cabo el proceso
- **Servomecanismo:** cada uno de los elementos del sistema

Uno de los primeros ejemplos fue el regulador de Watt, en el que cualquier variación de la velocidad de rotación se traduce en variación de la fuerza centrífuga sobre las esferas. Un paralelogramo articulado sube o baja un anillo al que está unida una palanca, y ésta abre o cierra una válvula que controla del paso del vapor:



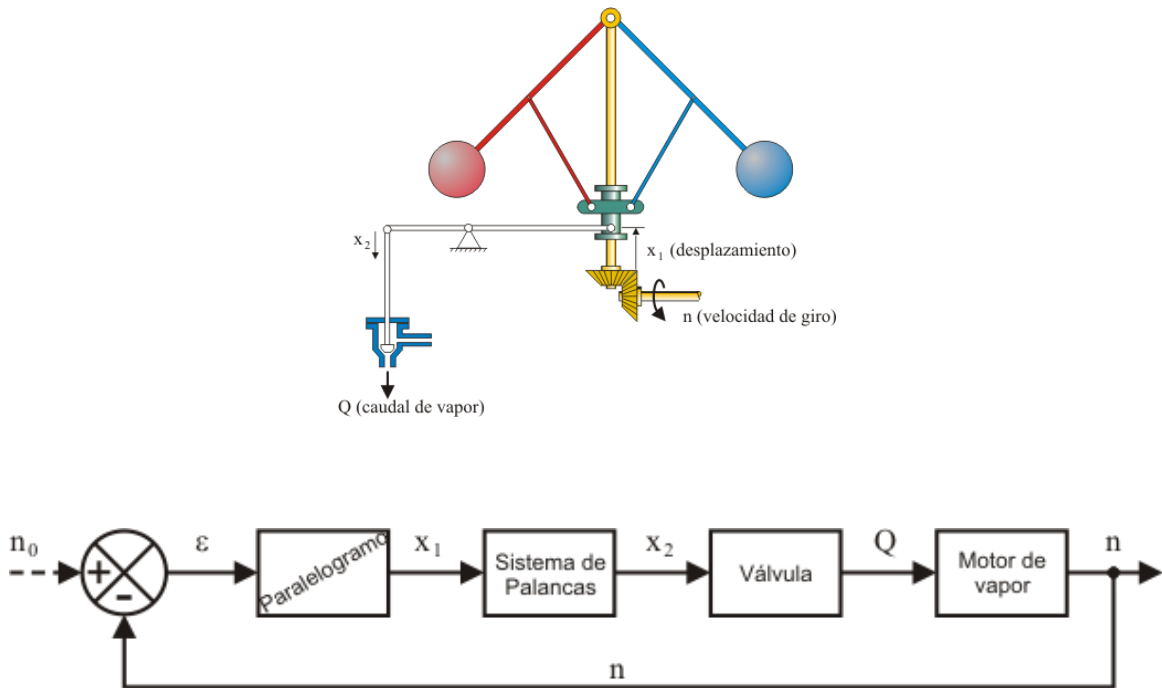
Los distintos servomecanismos que pueden estar presentes en un sistema se denominan, de forma genérica:

- **Sensor o captador:** que realiza la medida de una magnitud (por ejemplo, las bolas en el regulador de Watt)
- **Transductor:** para transformar la magnitud medida en otro tipo de magnitud (sería el cuadrilátero articulado)
- **Amplificador:** usado en ocasiones para tener una señal más potente (la palanca)
- **Actuador:** ejerce las acciones correctivas (la válvula de vapor)

## 2. REPRESENTACIÓN SISTEMÁTICA

Para representar procesos controlados automáticamente se utilizan diagramas de bloques formados por rectángulos que indican la acción realizada y flechas que indican la interacción y cómo afectan unos procesos a otros. Cuando se realiza una comparación, aunque sea ficticia, se dibuja un círculo que indica la comparación realizada.

Con estas premisas, y continuando con el regulador de Watt, su representación podría ser la siguiente:



$n_0$ : velocidad deseada - señal de referencia

$\varepsilon$ : error - diferencia de velocidades

Con esta representación aparece la primera clasificación de los sistemas de control en dos grandes grupos:

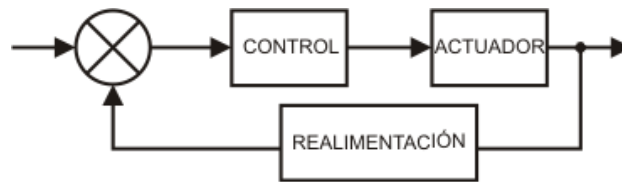
1. **Sistemas de lazo abierto**
2. **Sistemas de lazo cerrado**

### 2.1. SISTEMAS DE LAZO ABIERTO



Ejemplos: lavadoras, semáforos, calefacción con termostato,...

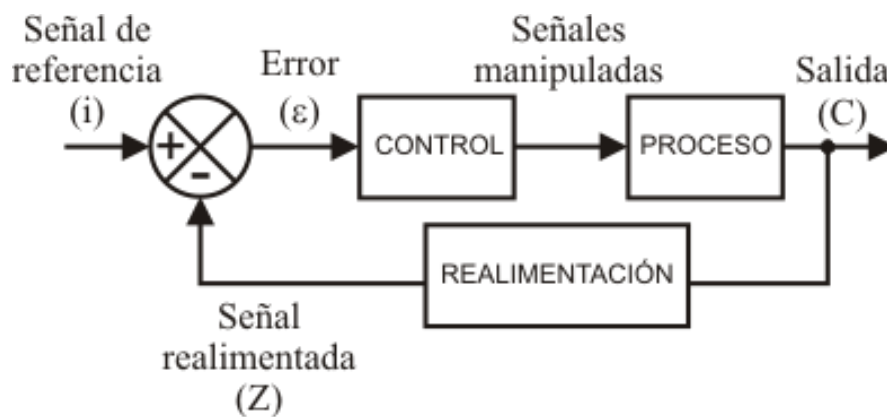
## 2.2. SISTEMAS DE LAZO CERRADO



*Ejemplos: Sistemas de llenado, posicionamiento de antenas parabólicas, control de potencia generada por un alternador,...*

Y respecto a las magnitudes que se controlan y regulan, tenemos:

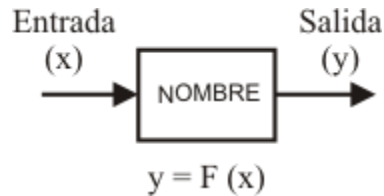
- **Entrada de mando:** cualquier acción externa que condiciona el funcionamiento de la planta (por ejemplo la puesta en marcha)
- **Señal de referencia:** el valor que se quiere mantener
- **Señal controlada o Salida:** el valor real que se obtiene
- **Señal actuante o Error:** la diferencia entre la señal de referencia y la salida
- **Perturbación:** todo lo que influye sobre el proceso debido a una acción no deseada



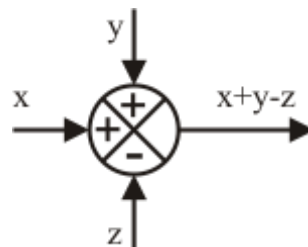
### 3. DIAGRAMAS DE BLOQUES

Cada operación elemental que realiza un servomecanismo se representa mediante un rectángulo en cuyo interior se escribe el nombre o la descripción de ese proceso elemental.

En la parte inferior se suele anotar la ecuación matemática que se ejecuta sobre la entrada para obtener la salida:



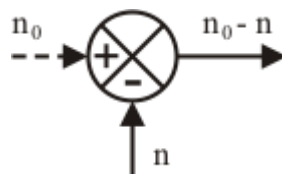
Las operaciones de comparación, diferencia o suma de señales se indican mediante un círculo que contiene una cruz en su interior, y en cada sector se indica la operación que se realiza con la señal que "entra" por esa parte:



Las flechas de un diagrama indican la secuencia de operaciones y también el flujo de las señales. Cuando se utiliza una señal para más de un bloque, se usa un **punto de reparto** o de **bifurcación**, algo así como un empalme eléctrico:



Cuando hay un valor de referencia que se quiere mantener, como en el ejemplo de la velocidad de rotación del regulador de Watt, entonces se trata de una señal ficticia, y la línea de ésta se dibuja discontinua:



Más adelante veremos algunas ecuaciones típicas de diferentes procesos, por ahora simplemente se representarán como una letra mayúscula (normalmente  $G_1, G_2, \dots$ ) que indica la función y entre paréntesis el parámetro variable del proceso, que normalmente es el tiempo, aunque también puede ser algún otro parámetro, por lo que se indica como  $s$ . Como la entrada y salida de un proceso suelen ser también funciones del mismo parámetro, el esquema del proceso será:

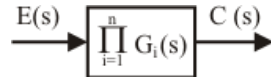


Con todas las ecuaciones básicas de cada proceso un sistema se puede obtener la función matemática que da la salida en función de las entradas, y las leyes de simplificación básicas son las siguientes:

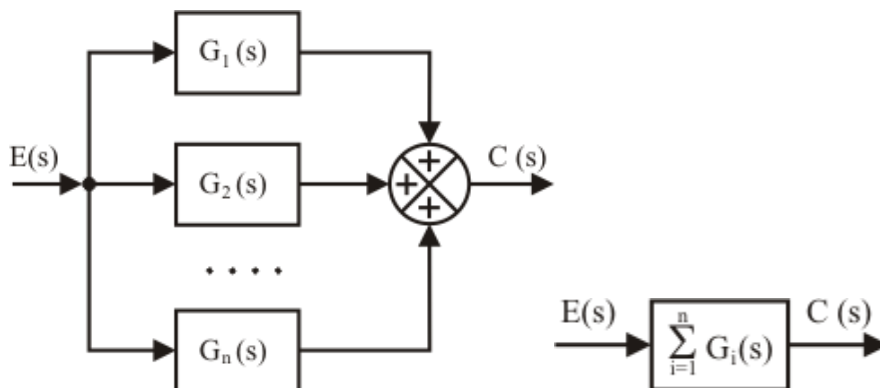
### 3.1. ASOCIACIÓN DE BLOQUES EN SERIE



La función simplificada de varios procesos en serie viene dada por el producto de las funciones parciales:



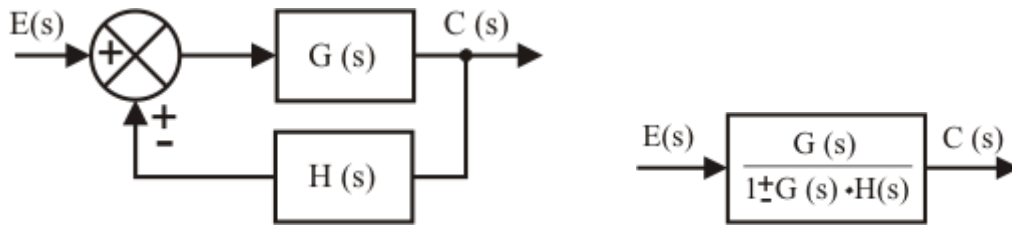
### 3.2. ASOCIACIÓN DE BLOQUES EN PARALELO



En este caso, la función resultante es la suma (o diferencia, según el signo en el comparador) de las distintas funciones.

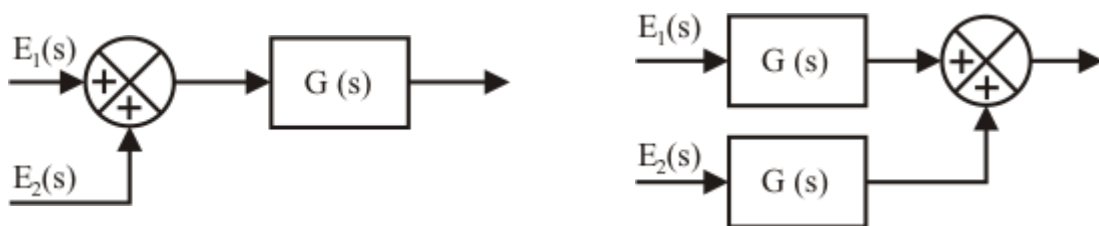
### 3.3. SISTEMAS DE LAZO CERRADO

La función simplificada viene dada por la expresión de la derecha. El signo + o - depende del signo del comparador.

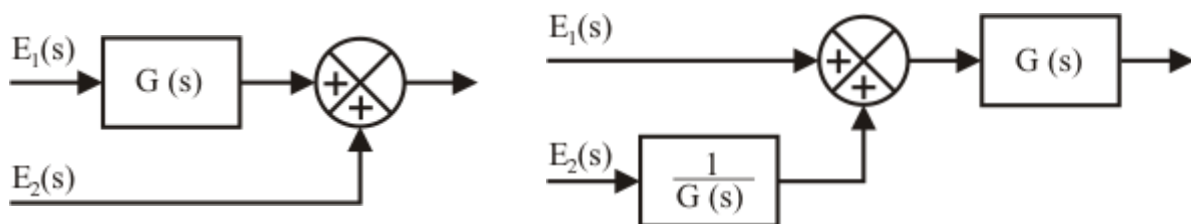


Otra serie de operaciones, necesarias para la simplificación de ecuaciones, se realizan mediante el desplazamiento o transposición de sumadores o de puntos de bifurcación respecto a un bloque en particular. Estas operaciones son las siguientes:

- **Transposición de un sumador hacia la derecha**



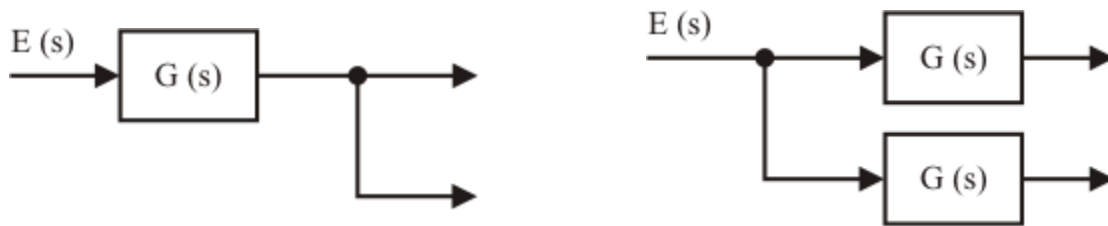
- **Transposición de un sumador hacia la izquierda**



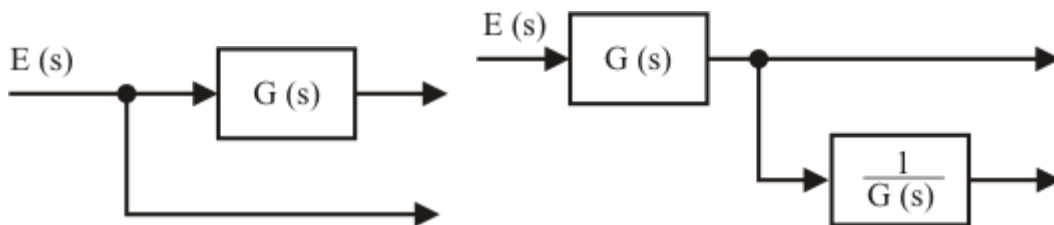
Y las correspondientes a los puntos de bifurcación son muy similares a las de los sumadores:



- **Transposición de un punto de bifurcación hacia la izquierda**



- **Transposición de un sumador hacia la derecha**



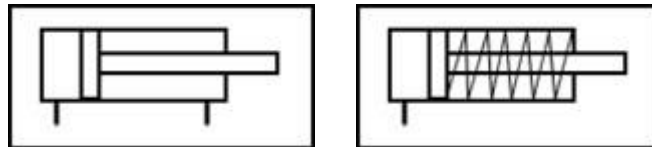
De esta forma se puede obtener una función simplificada que no sólo sirve para tener una expresión matemática, sino que también nos puede indicar si el sistema es estable ante perturbaciones.

# 4. LOS ACTUADORES

En los servosistemas se utilizan únicamente dos tipos de actuadores:

## 4.1. ACTUADORES NEUMÁTICOS

Los principales son los cilindros, de simple o doble efecto.

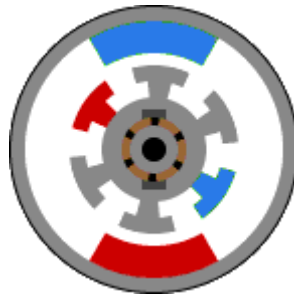


Pero existe otro elemento denominado orificio obturable, que es un tapón unido a una palanca o a un fuelle, que actúa liberando presión de una línea, para ejercer la regulación de un cilindro o un motor neumático.

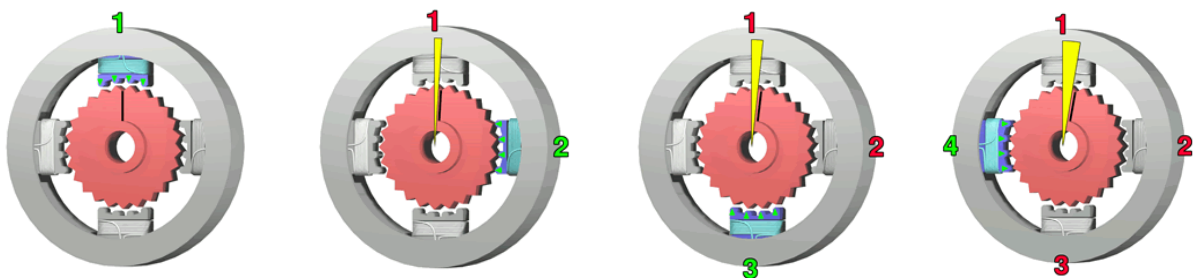


## 4.2. ACTUADORES ELÉCTRICOS

Son motores eléctricos, normalmente de corriente continua.



A veces se utilizan los llamados **motores paso a paso**, cuyo eje está dotado con un imán permanente formando estrías, y en la periferia hay cuatro electroimanes con los cuales se controla la posición del rotor. En los dibujos inferiores se puede ver cómo gira el **rotor** al activar cada uno de los electroimanes:



Éste es el actuador por excelencia de aplicaciones como las impresoras, la fabricación computerizada, o como las máquinas tragaperras.



## 5. LOS SENSORES

El término de **sensor** es muy genérico, y suele agrupar varios elementos. Un elemento que recibe la señal es un **captador**, y un **transductor** es un elemento que transforma una magnitud en otra. Pero es corriente que los tres términos se usen indistintamente.

Un **sensor** tiene tres parámetros fundamentales, el **rango** (valores entre los que puede medir), la **resolución** (la variación mínima que puede detectar) y la **sensibilidad** (lo que varía la magnitud de salida en relación con la variación de la magnitud medida).

Los sensores se clasifican atendiendo a varios criterios, como:

- Por la señal que emiten, tenemos analógicos y digitales (o discretos)
- Por la influencia que tienen sobre el proceso, tenemos sensores pasivos cuando no influyen, o activos cuando absorben energía
- Por los parámetros que pueden variar en el sensor pueden ser mecánicos, eléctricos, electromagnéticos, ópticos, ...

Pero el análisis más usual es por el tipo de magnitud que pueden medir.

### 5.1. SENSORES DE POSICIÓN Y DE PROXIMIDAD

Informan de la presencia de un objeto en el lugar que controlan. En este tipo se incluyen:

- **Finales de carrera**

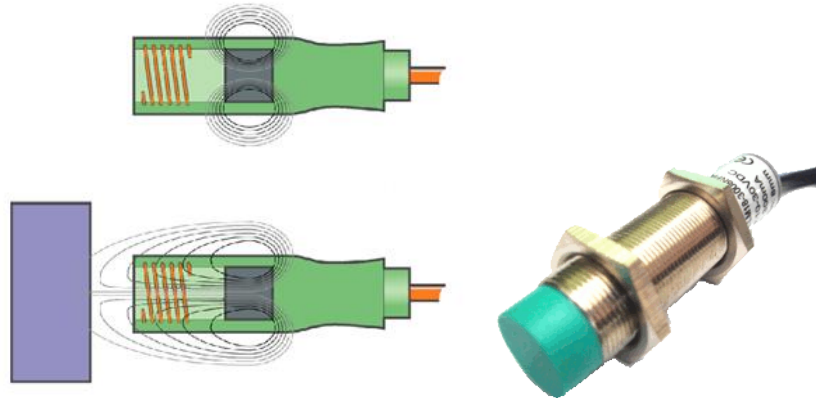
Están constituidos por un conmutador accionado por una palanca, y cierran o abren un circuito cuando un objeto mueve la palanca.



Este detector sólo se puede usar para determinar cuándo un objeto ha llegado a la posición del sensor, sin indicar la distancia a la que está.

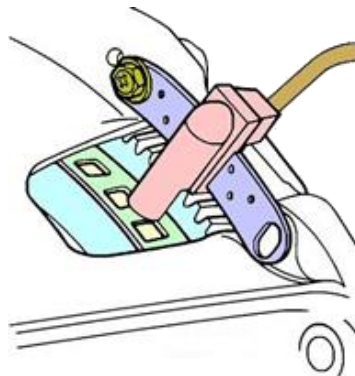
- **Detectores inductivos**

Tiene un imán permanente que crea un campo magnético fijo. Al acercarse un objeto metálico, éste modifica el campo magnético, y esta variación es captada por una bobina, en la que se induce una corriente.



En este caso, el sensor sí podría determinar la distancia a la que está el objeto, pero sólo se usan para detectar la presencia.

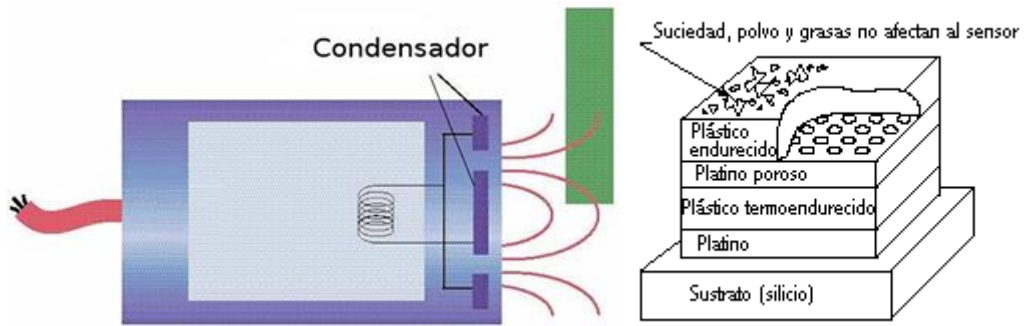
Un ejemplo del uso de estos elementos está en la determinación del ángulo de giro del cigüeñal de un motor:



- **Sensores capacitivos**

Cuando el objeto a detectar no influye en el campo magnético, se hace uso de otro principio de funcionamiento. En este caso están formados por un condensador, y la detección se basa en la variación de la superficie enfrentada de las armaduras (como en los sintonizadores de radio), la separación entre éstas (como en algunos teclados de las calculadoras) o incluso cambiando las propiedades del aislante dieléctrico (como en los detectores de humo o de humedad).

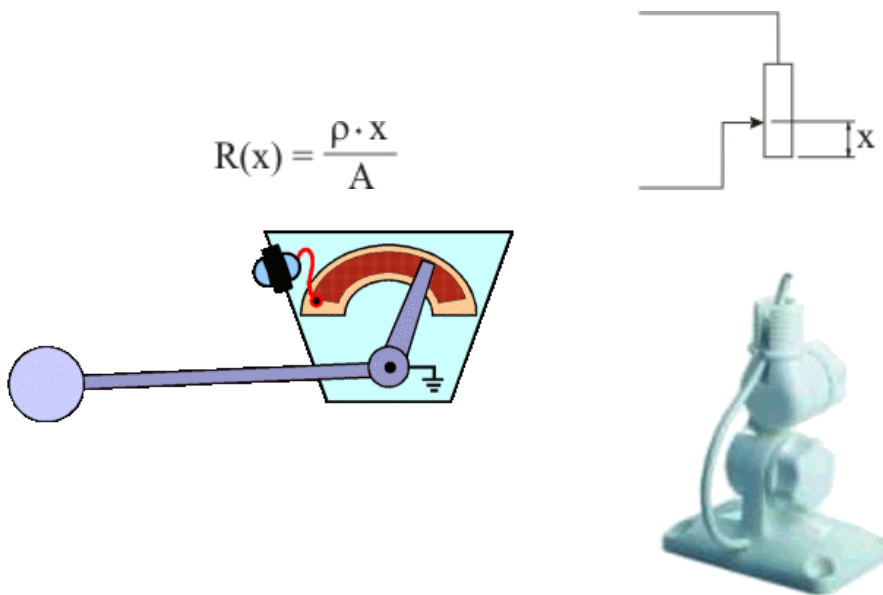
Al acercar un objeto metálico al condensador, se varía el campo eléctrico en el mismo, y ésto puede ser detectado.



- **Sensores potenciométricos**

Constan de un potenciómetro que varía su resistencia en función de la posición de su cursor, movido por el giro de una rueda dentada o de una palanca.

Estos sensores son los que se usan cuando se busca conocer la posición exacta de un objeto, como en el posicionamiento de antenas orientables, o para medir el nivel en los depósitos de combustible de los coches.



- **Sensores ópticos**

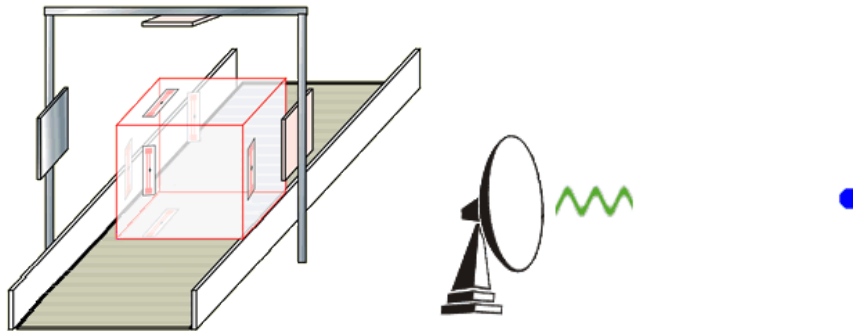
Su funcionamiento se basa en detectar la reflexión de un haz luminoso que normalmente es infrarrojo para evitar inferencias de otras luces. Cuando el sensor emite sonidos el sistema se denomina **sonar**, y si la radiación es de alta energía (o frecuencia), el sistema se denomina **radar**.

Con estos sistemas se puede tener una señal cuando un objeto interrumpe el rayo, pero también se puede determinar la distancia a la que está el objeto midiendo el tiempo que ha tardado la reflexión.

$$d = c \cdot t$$

$c = 340 \text{ m/s}$  para el sonido

$c = 300.000 \text{ km/s}$  para la luz



Un ejemplo típico de los sensores por láser o por infrarrojos son los sensores de aparcamiento de los modernos automóviles.

## 5.2. SENSORES DE VELOCIDAD

Son también conocidos como sensores **tacométricos**, y pueden ser de tres tipos:

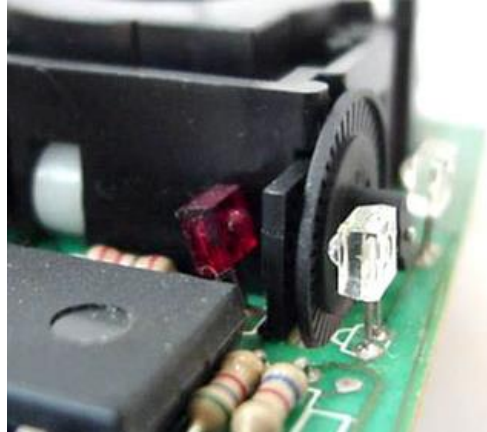
- **Sensores inductivos**

Idénticos a los vistos anteriormente, unidos a un contador, que analiza cuántas señales se producen en un segundo.



- **Sensores ópticos**

De forma similar a los sensores de posición, un emisor y un receptor están separados por una rueda perforada que puede girar. Se cuenta cada impulso de luz que recibe el receptor durante un segundo, obteniendo la velocidad.



- **Tacogeneradores**

Son pequeñas dinamos que obtienen un voltaje en función de la velocidad de giro. Este sistema es ampliamente usado en sistemas como los anemómetros, para medir la velocidad del viento.





### 5.3. SENSORES DE TEMPERATURA

Para esta misión, además de los conocidos termómetros de mercurio, hay otros tres tipos básicos:

- **Termistor NTC**

Es una resistencia que disminuye su valor óhmico al aumentar la temperatura según una función exponencial.



- **Termostato bimetálico**

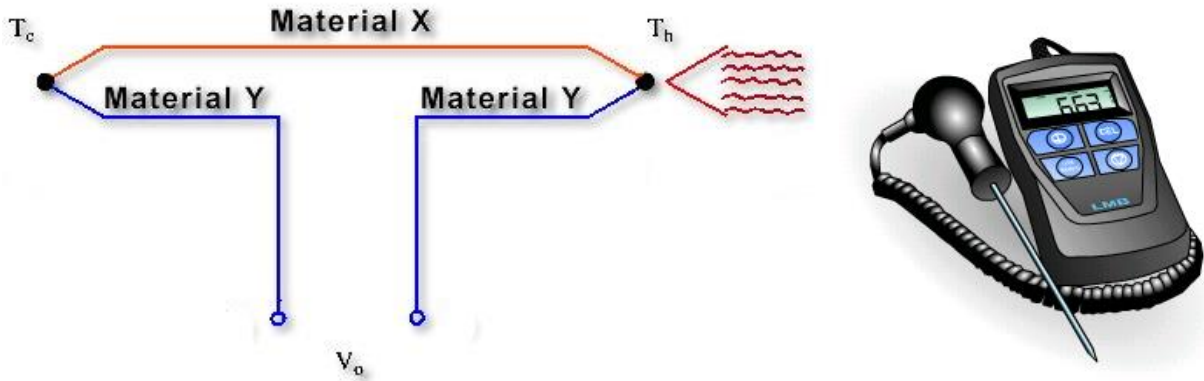
Son dos pacas metálicas unidas que tienen diferentes coeficientes de dilatación térmica. Cuando se calientan, una lámina se dilata más que la otra, produciendo el arqueamiento de ambas. Con esta deformación se puede abrir o cerrar un circuito eléctrico.

Con un tornillo que regula la fuerza que debe ejercer el bimetálico para combarse se puede regular la temperatura a la que se produce la desconexión. Es el clásico control de la calefacción o de las planchas eléctricas.



- **Termopar**

En este caso se sueldan los extremos de dos metales diferentes, y esta unión actúa como sonda. El funcionamiento del termopar se basa en que la movilidad de los electrones es distinta en cada metal. Si los extremos opuestos también están unidos y a una temperatura conocida, las distintas movilidades producen un voltaje tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de temperaturas entre los extremos.

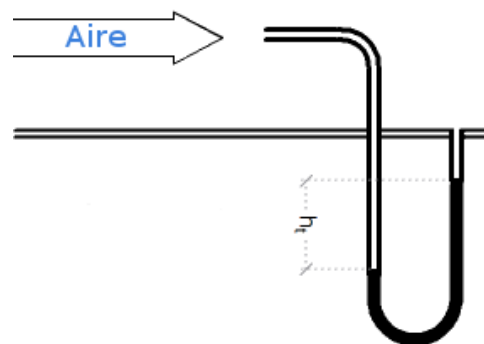
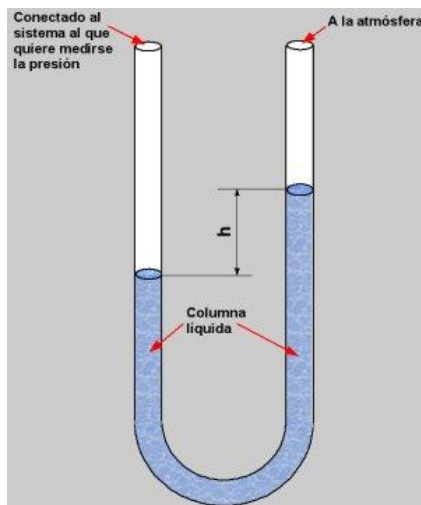


#### 5.4. SENSORES DE PRESIÓN

- **Tubo en U**

El líquido que hay en la rama con mayor altura compensa, con su peso, la mayor presión en la rama opuesta. Por su naturaleza, se puede emplear también en la comparación de dos presiones.

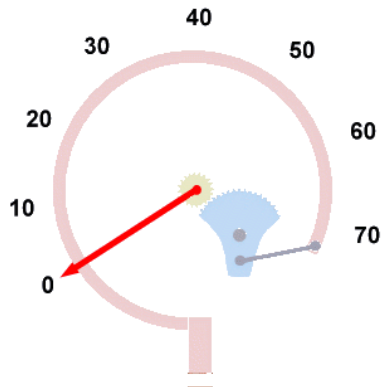
El **tubo en U** es un aparato sencillo, pero es la base de sensores más sofisticados, como pueden ser los tubos Pitot, que se usan para medir la velocidad en los aviones.



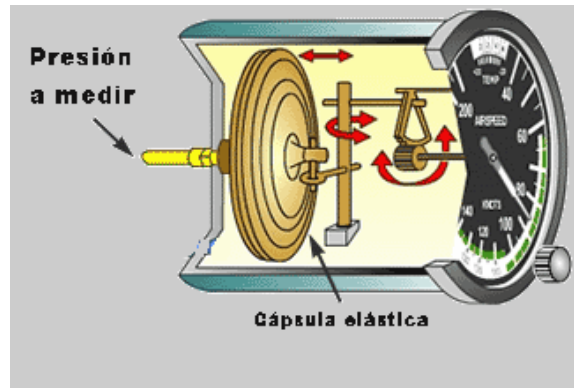
*Tubo Pitot*

- **Tubo Bourdon y Cápsula anaeroide**

Son sensores que tienen dos cámaras, una de ellas conectada a la presión a medir y la otra a una presión conocida, normalmente la atmosférica. Con la diferencia de presiones se produce un desplazamiento que se puede medir con palancas, engranajes, sensores de desplazamiento,...



*Tubo Bourdon*



*Cápsula anaeroide*

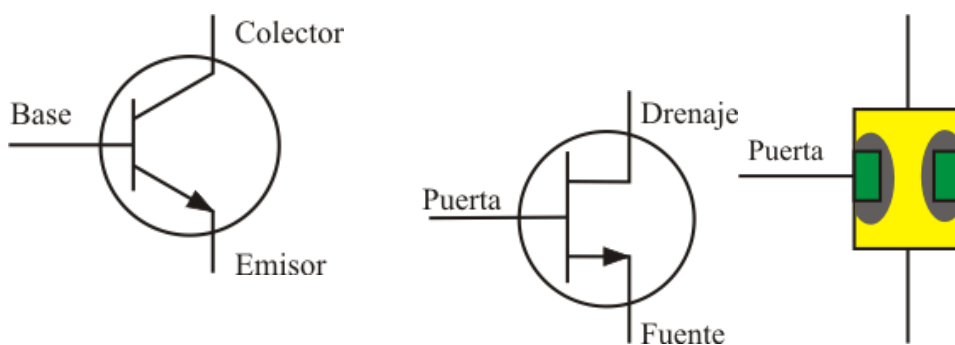
Las capsulas anaeroides, a veces también llamadas manómetros de membrana, tienen en su interior una presión conocida, o pueden estar conectadas a una presión de referencia, por lo que pueden utilizarse como comparadores. En este caso se denominan fuelles.

## 6. AMPLIFICADORES ELECTRÓNICOS

Una gran parte de los sensores están dotados de transductores que transforman la magnitud controlada en señales eléctricas. Cuando se requiere amplificar una corriente eléctrica tenemos dos métodos:

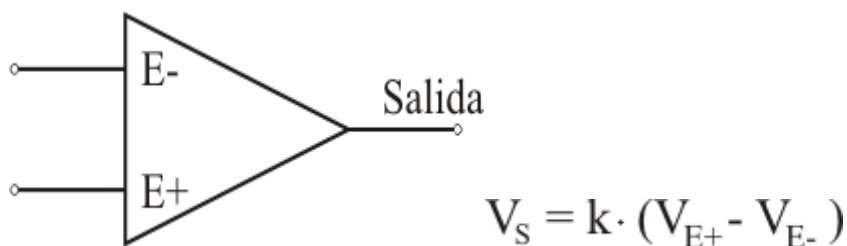
- **Transistores**

Que pueden ser los conocidos transistores bipolares o los transistores de efecto de campo (FET), que estrangulan la corriente principal dependiendo del voltaje aplicado en la patilla Puerta.



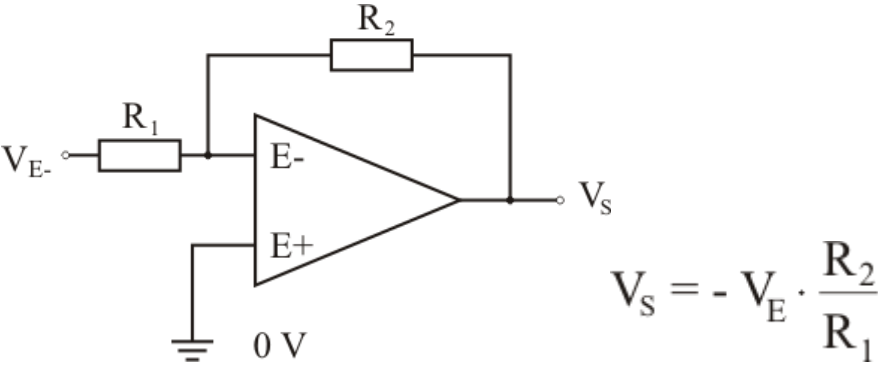
- **Amplificador operacional**

Es un elemento que da un voltaje de salida proporcional a la diferencia de voltajes en las entradas:



Con este elemento también se puede realizar una diferencia de voltajes en una comparación, aunque esto no es corriente porque la constante k es inmensa, y excepto para diferencias muy pequeñas, el voltaje de salida en realidad se convierte en el voltaje máximo o mínimo con que se alimenta el elemento, estando en corte o en saturación.

Sin embargo, si se conectan el circuito como en el siguiente dibujo, el amplificador operacional (abreviado como A.O., o en Opamp en inglés) realiza una amplificación del voltaje de entrada.



El signo negativo indica que se produce una inversión de voltaje, y en la salida se obtiene VE amplificado pero con signo negativo. Para salvar esta situación, se colocan dos A.O en cascada:

