



# Sensores y Actuadores

---

- Sensores: clasificación y características generales.
- Sensores de proximidad.
- Otros sensores:
  - de temperatura.
  - de nivel.
- Clasificación de accionamientos

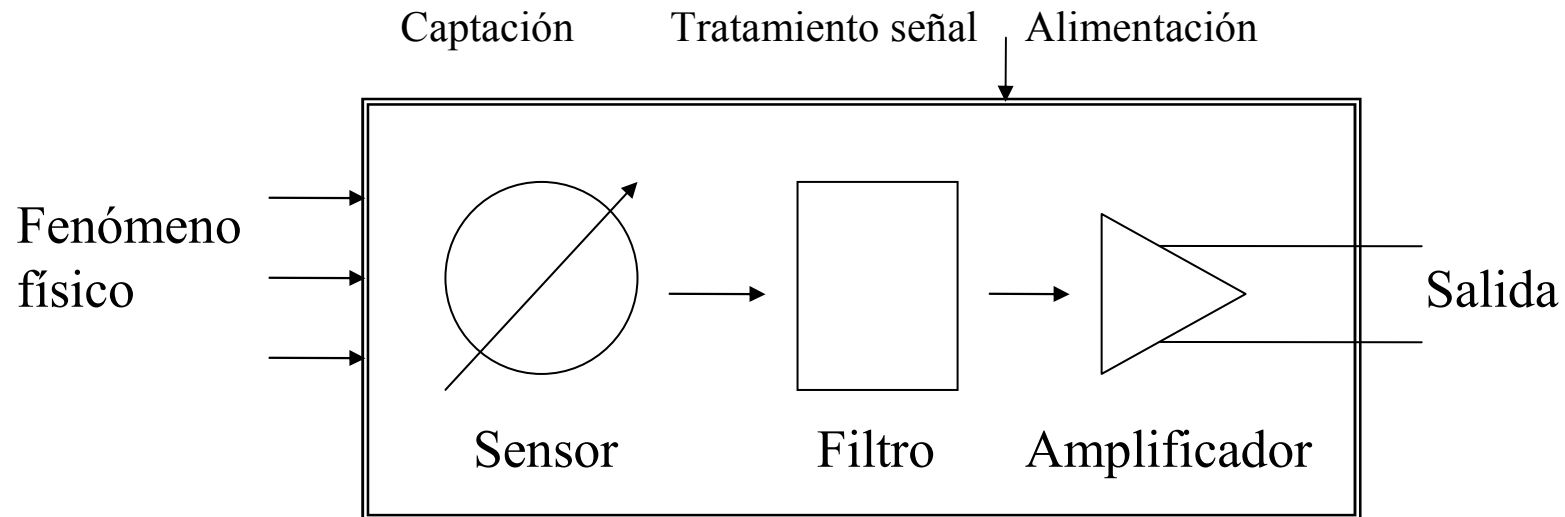


## Definiciones (DRAE)

---

- **Sensor:** *Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la trasmite adecuadamente.*
- **Transductor:** *Dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.*

# Estructura de un transductor





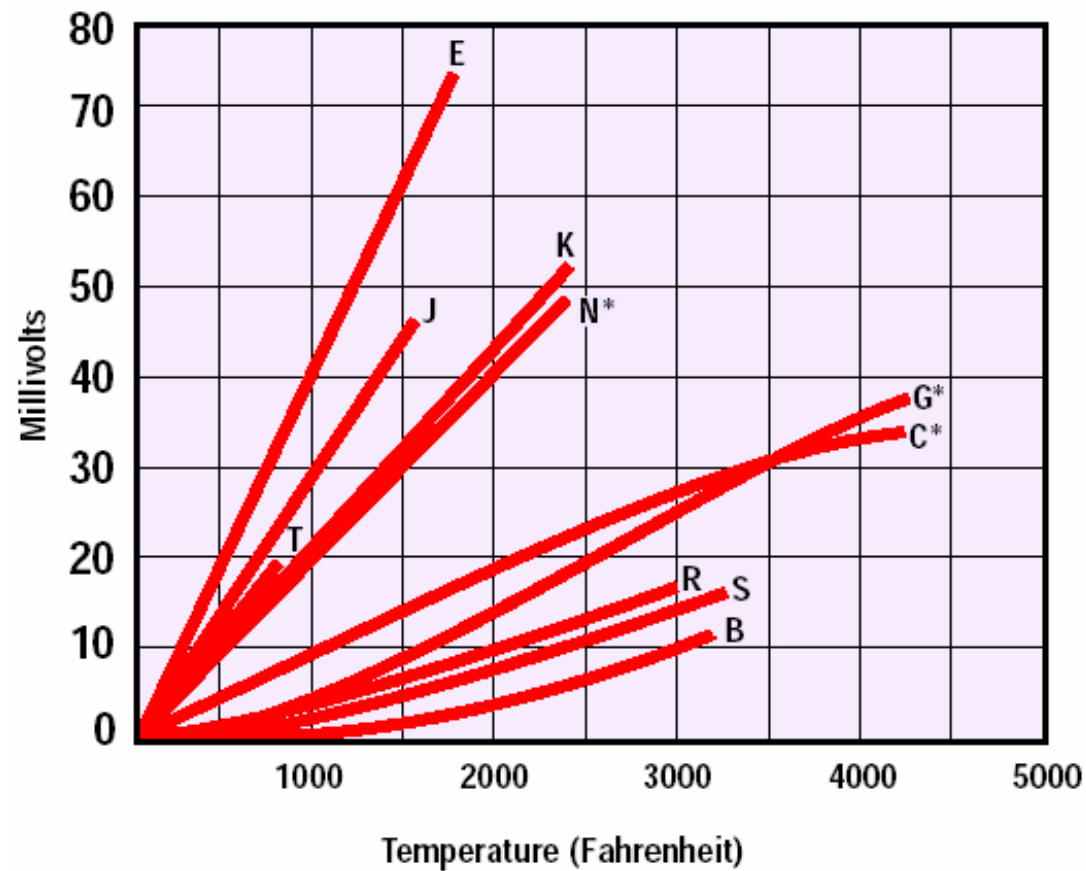
## Curva de calibración

---

- También llamada curva característica.
- Relaciona la variable medida y la señal generada
- Se puede obtener aplicando una serie de entradas físicas conocidas y almacenando la respuesta del sistema.

# Curvas características de Termopares

(fuente: OMEGA Engineering, Inc.)





# Clasificaciones

---

- **Según el tipo de señal de salida:**
  - Analógicos. Dan como salida un valor de tensión o corriente variables en forma continua dentro del campo de medida.
  - Digitales. Dan como salida una señal en forma de una palabra digital.
  - Todo-nada. Indican cuándo la variable detectada rebasa un cierto umbral.
  
- **Según la magnitud física a detectar:**
  - Posición, velocidad, fuerza y par, presión, caudal, proximidad, etc.



## Ejemplos

Magnitud Física	Transductor	Características
Posición (Lineal o Angular)	Potenciómetro	Analógico
	Encoder	Digital
	Sincro y Resolver	Analógico
Pequeños desplazamientos	Transformador diferencial	Analógico
	Galga Extensiométrica	Analógico
Velocidad (Lineal o Angular)	Dinamo tacométrica	Analógico
	Encoder	Digital
	Detector inductivo u óptico	Digital
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Sensor de velocidad + calculador	Digital
Fuerza y Par	Galga Extensiométrica	Analógico
Temperatura	Termopar	Analógico
	Resistencias PT100	Analógico
	Termistores CTN	Analógico
	Termistores CTP	Todo-Nada
	Bimetales	Todo-Nada
Sensores de Presencia o Proximidad	Inductivos	Analógico o Todo-Nada
	Capacitivos	Todo-Nada
	Ópticos	Analógico o Todo-Nada



# Características generales

---

## ■ Estáticas

- Campo de medida (range)
- Resolución (discrimination)
- Exactitud (accuracy)
- Precisión
- Linealidad
- Sensibilidad
- Ruido
- Histéresis

## ■ Dinámicas

- Velocidad de respuesta
- Respuesta frecuencial
- Estabilidad





## Características estáticas

---

- **Campo de medida:** Rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre el máximo y el mínimo detectables por un sensor, con una tolerancia de error aceptable
- **Resolución:** Mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir



## Características estáticas (II)

---

- **Sensibilidad:** Variación de la salida producida por una variación de entrada. Pendiente de la curva de calibración. Cuanto mayor, mejor.
- **Linealidad:** Cercanía de la curva característica a una recta especificada. Linealidad equivale a sensibilidad cte.



## Características estáticas (III)

---

- **Saturación:** No linealidad producida por disminución de sensibilidad típicamente al principio o al final del rango.
- **Histéresis:** Diferencia entre valores de salida correspondientes a la misma entrada, según la trayectoria seguida por el sensor.



## Características estáticas (IV)

---

- **Exactitud:** diferencia entre la salida real y el valor teórico de dicha salida (valor verdadero). Se suele dar en valor absoluto o relativo.
- **Precisión:** capacidad de obtener la misma salida cuando se realizan varias lecturas de la misma entrada y en las mismas condiciones. Tb. repetibilidad.  
Estima la desviación de las medidas.



## Características dinámicas

---

La mayor parte de los sensores tienen un comportamiento dinámico asimilable a un sistema de primer o segundo orden.

- **Velocidad de respuesta:** capacidad para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada.
- **Respuesta frecuencial:** Relación entre la sensibilidad y la frecuencia cuando la entrada es una excitación senoidal. Representación mediante un gráfico de Bode.
- **Estabilidad:** Desviación de salida del sensor al variar ciertos parámetros exteriores distintos del que se pretende medir.



## Características dinámicas (II)

---

Algunos de los parámetros más relevantes empleados en la definición de la velocidad de respuesta son:

- Tiempo de retardo: tiempo transcurrido desde la aplicación de un escalón de entrada hasta que la salida alcanza el 10% de su valor permanente.
- Tiempo de subida: tiempo transcurrido desde que la salida alcanza el 10% de su valor permanente hasta que llega por primera vez al 90% de dicho valor.
- Tiempo de establecimiento: tiempo transcurrido desde la aplicación de un escalón de entrada hasta que la salida alcanza el régimen permanente.



# Detectores de proximidad

---

Sensores de posición todo/nada que informan de la existencia o no de un objeto ante el detector. El más elemental es el interruptor final de carrera por contacto mecánico. Sin contacto destacamos los siguientes:

- **Detectores inductivos**

Estos aparatos se utilizan principalmente en aplicaciones industriales. Detectan cualquier objeto metálico sin necesidad de contacto: control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación y de contaje. El rango de distancias está entre 1mm y 30mm



## Detectores inductivos

---

### **Composición y funcionamiento**

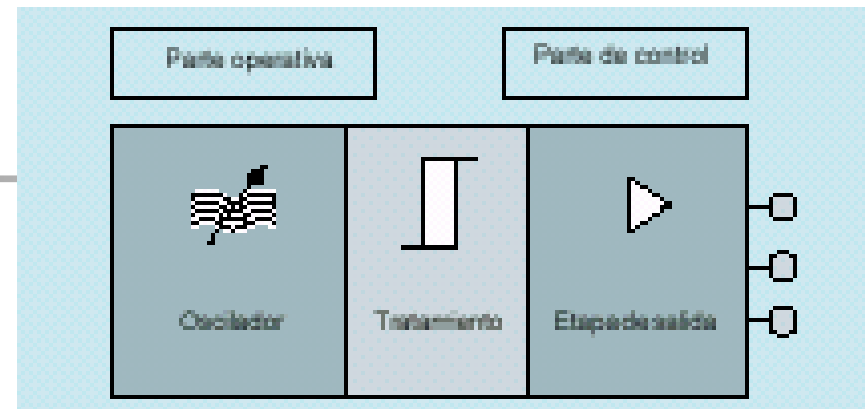
Un detector de proximidad inductivo consta de un oscilador, cuyos bobinados forman la cara sensible, y de una etapa de salida. El oscilador crea un campo electromagnético alterno delante de la cara sensible. La frecuencia del campo varía entre 100 y 600 kHz según el modelo. Cuando un objeto conductor penetra en este campo, soporta corrientes inducidas circulares que se desarrollan a su alrededor (efecto piel).

Estas corrientes constituyen una sobrecarga para el sistema oscilador y provocan una reducción de la amplitud de las oscilaciones a medida que se acerca el objeto, hasta bloquearlas por completo.

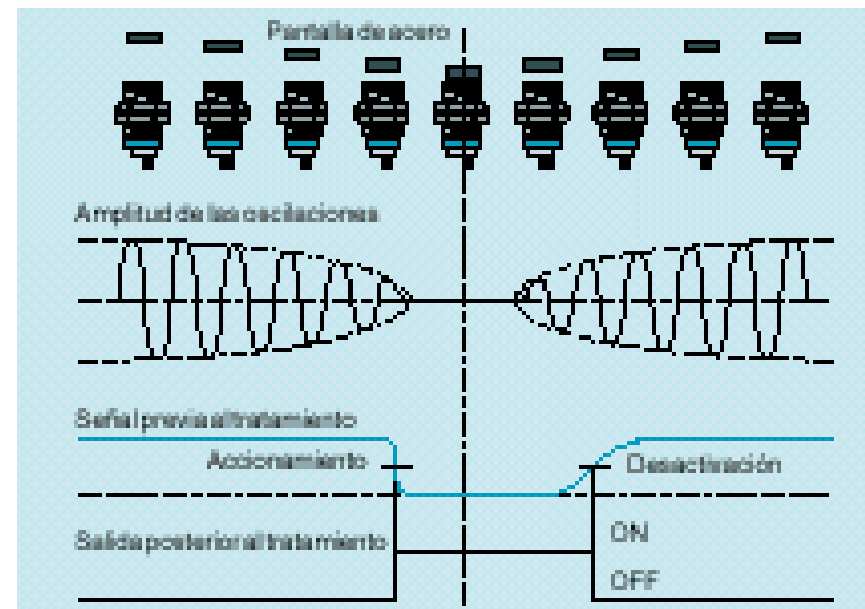
La detección del objeto es efectiva cuando la reducción de la amplitud de las oscilaciones es suficiente para provocar el cambio de estado de la salida del detector.



# Detectores inductivos



Composición de un detector de proximidad inductivo



Principio de funcionamiento de un detector inductivo



## Detectores capacitivos

---

### • **Detectores capacitivos**

Los detectores capacitivos son adecuados para detectar objetos o productos no metálicos de cualquier tipo (papel, vidrio, plástico, líquido, etc.).

Su principio de funcionamiento y características son análogas a las de los detectores inductivos. En este caso, el elemento sensible es el condensador del circuito oscilante. Cuando se sitúa en este campo un material conductor o aislante de permitividad (\*) superior a 1, se modifica la capacidad de conexión y se bloquean las oscilaciones. Estos detectores disponen de un potenciómetro de regulación de sensibilidad.

(\*) Permitividad: Propiedad de un dieléctrico para debilitar las fuerzas electrostáticas, por referencia a estas mismas fuerzas cuando se ejercen en el vacío.



## Detectores ópticos

---

- **Detectores fotoeléctricos**

Un detector fotoeléctrico detecta un objeto por medio de un haz luminoso. Sus dos componentes básicos son un **emisor** y un **receptor** de luz.

La detección es efectiva cuando el objeto penetra en el haz de luz y modifica suficientemente la cantidad de luz que llega al receptor para provocar el cambio de estado de la salida.



## Detectores ópticos (II)

---

Se siguen dos procedimientos:

- **bloqueo del haz por el objeto detectado**
- **retorno del haz sobre el receptor por el objeto detectado.**

Los detectores fotoeléctricos disponen de un emisor de diodo electroluminiscente y de un receptor de fototransistor. Estos componentes se utilizan por su elevado rendimiento luminoso, su insensibilidad a los golpes y a las vibraciones, su resistencia a la temperatura, su durabilidad prácticamente ilimitada y su velocidad de respuesta.

Dependiendo del modelo de detector, la emisión se realiza en infrarrojo o en luz visible verde o roja. La corriente que atraviesa el LED emisor se modula para obtener una emisión luminosa pulsante e insensibilizar los sistemas



## Detectores ópticos (III)

---

### • **Procedimientos de detección**

Los detectores fotoeléctricos emplean dos procedimientos para detectar objetos:

- por bloqueo del haz
- por retorno del haz

### **Bloqueo del haz**

En ausencia de un objeto, el haz luminoso alcanza el receptor. Un objeto bloquea el haz al penetrar en él:

**no hay luz en el receptor = detección**

Tres sistemas básicos emplean este procedimiento, que se basa en las propiedades absorbentes de los objetos:

- barrera,
- réflex,
- réflex polarizado.



## Detectores ópticos (IV)

---

### **Retorno del haz**

En ausencia de un objeto, el haz no llega al receptor. Cuando un objeto penetra en el haz, lo envía al receptor:

**luz en el receptor = detección**

Dos sistemas básicos emplean este procedimiento, que se basa en las propiedades reflectantes de los objetos:

- proximidad,
- proximidad con borrado del plano posterior



## Detectores de barrera

---

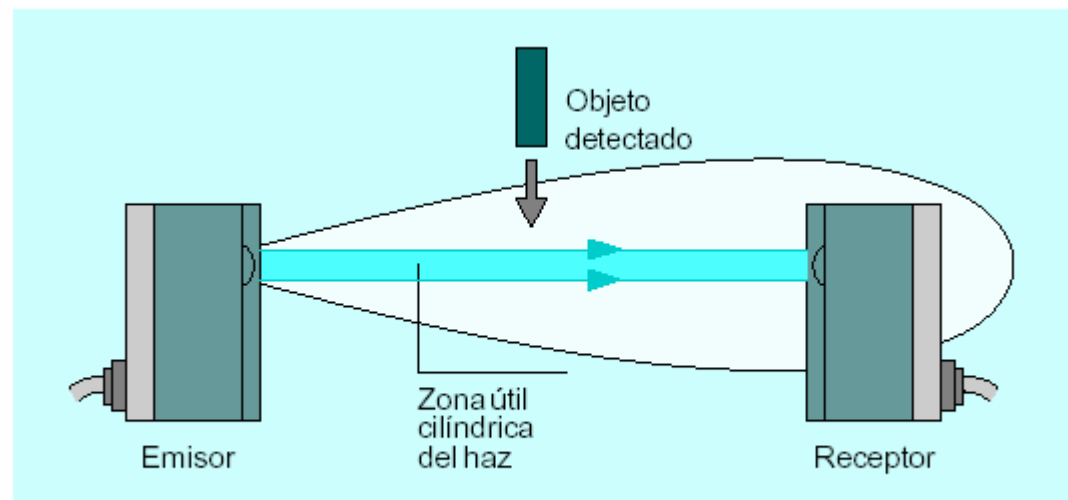
### **Sistema de barrera**

El emisor y el receptor se sitúan en dos cajas separadas. Es el sistema que permite los mayores alcances, hasta 100 m con ciertos modelos. El haz se emite en infrarrojo o láser.

A excepción de los objetos transparentes, que no bloquean el haz luminoso, puede detectar todo tipo de objetos (opacos, reflectantes...) gracias a la excelente precisión que proporciona la forma cilíndrica de la zona útil del haz.

Los detectores de barrera disponen de un margen de ganancia muy amplio. Por ello, son muy adecuados para los entornos contaminados (humos, polvo, intemperie, etc.).

## Detectores de barrera (II)



*Principio del sistema de barrera*





## Detectores réflex

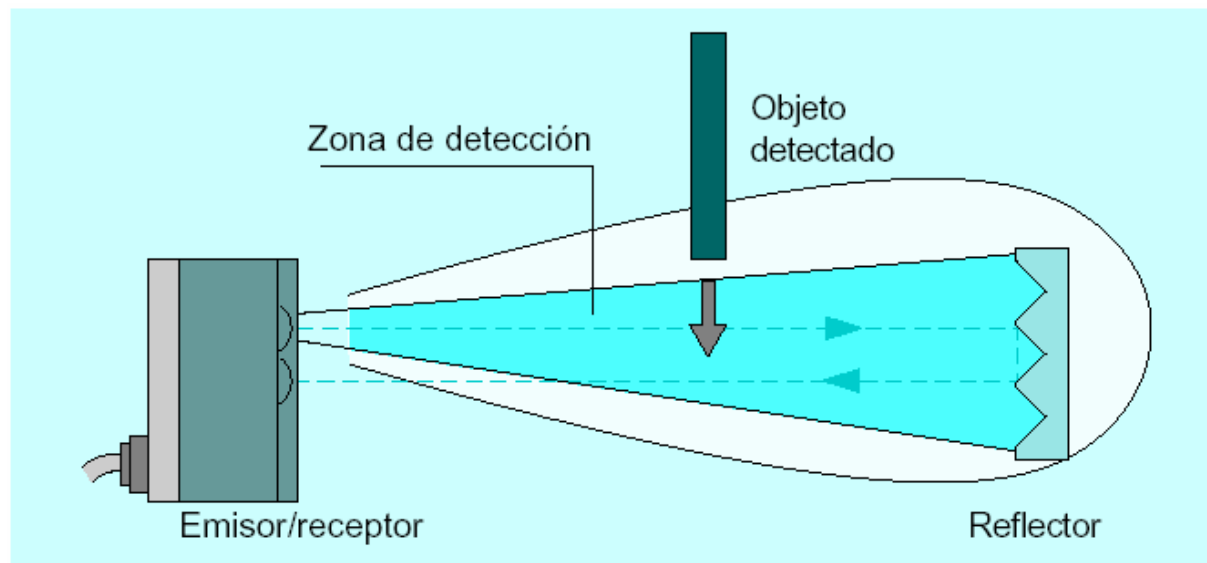
---

### **Sistema réflex**

**El emisor y el receptor están situados en una misma caja.** En ausencia de un objeto, un reflector devuelve al receptor el haz infrarrojo que emite el emisor. El reflector consta de una elevada cantidad de triedros trirrectángulos de reflexión total cuya propiedad consiste en devolver todo rayo luminoso incidente en la misma dirección.

El alcance nominal de un detector fotoeléctrico réflex es del orden de dos a tres veces inferior al de un sistema de barrera.

## Detectores réflex (II)



*Principio del sistema réflex*



## Detectores réflex polarizados

---

Los objetos brillantes, que en lugar de bloquear el haz reflejan parte de la luz hacia el receptor, no pueden detectarse con un sistema réflex estándar.

En estos casos, es preciso utilizar un sistema **réflex polarizado**.

Este tipo de detector emite una luz roja visible y está equipado con dos filtros polarizadores opuestos:

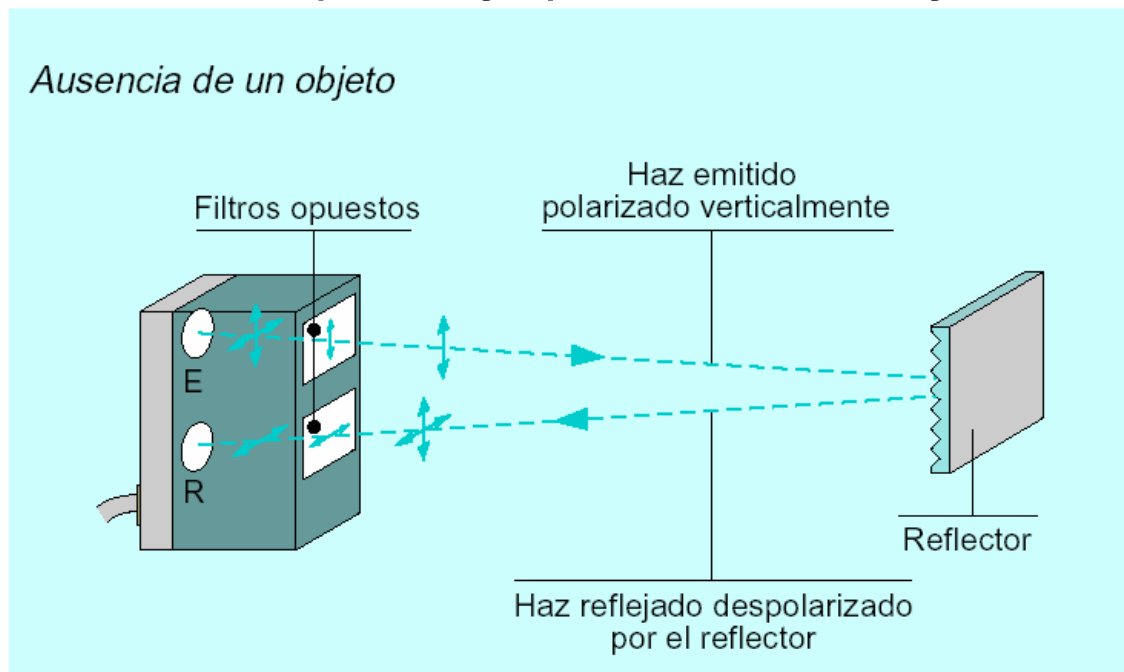
- un filtro sobre el emisor que impide el paso de los rayos emitidos en un plano vertical,
- un filtro sobre el receptor que sólo permite el paso de los rayos recibidos en un plano horizontal.

## Detectores réflex polarizados (II)

### En ausencia de un objeto

El reflector devuelve el haz emitido, polarizado verticalmente, después de haberlo despolarizado.

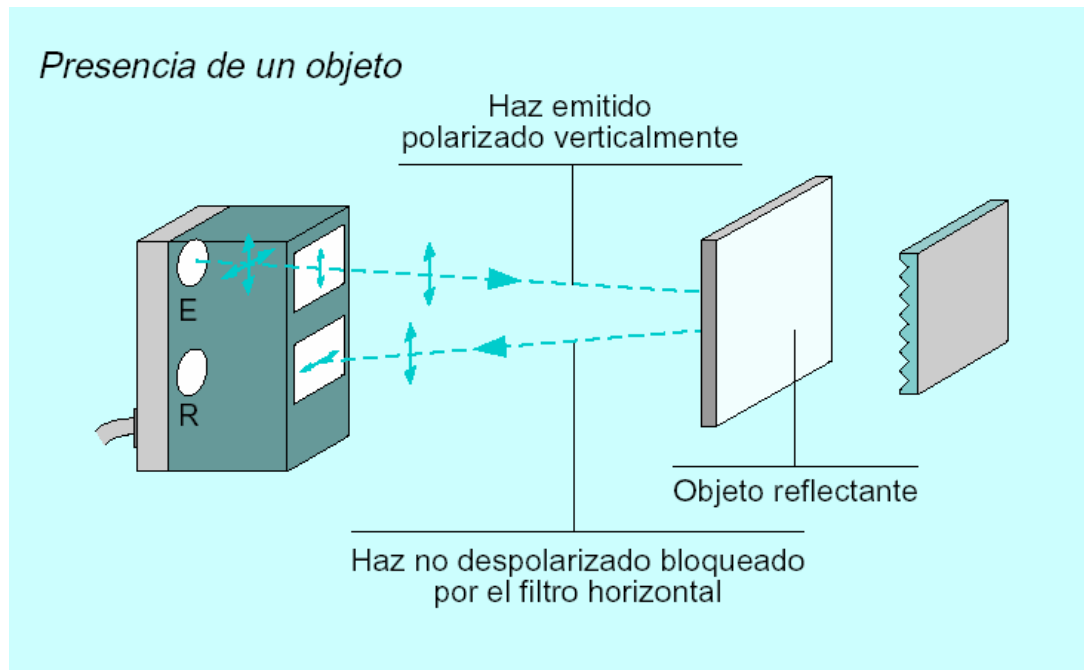
El filtro receptor deja pasar la luz reflejada en el plano horizontal.



## Detectores réflex polarizados (III)

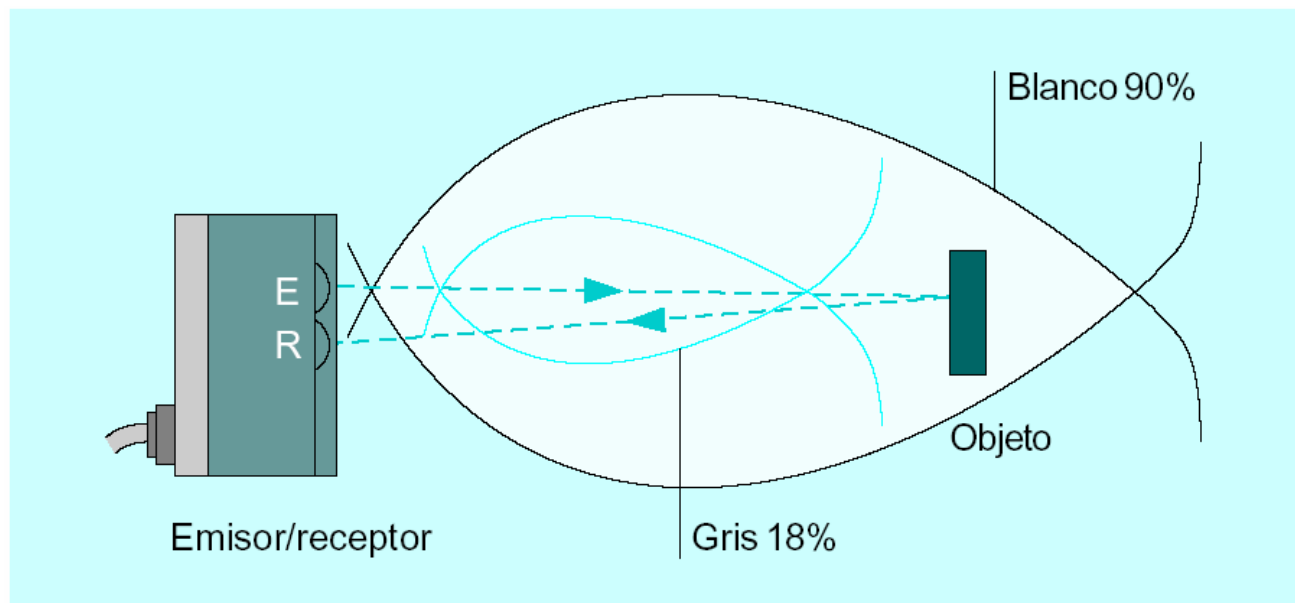
### En presencia de un objeto

El objeto detectado devuelve el haz emitido sin ninguna modificación.  
El haz reflejado, polarizado verticalmente, queda por tanto bloqueado por el filtro horizontal del receptor



## Detectores ópticos de proximidad

Al igual que en el caso de los sistemas réflex, el emisor y el receptor están ubicados en un misma caja. El haz luminoso se emite en infrarrojo y se proyecta hacia el receptor cuando un objeto suficientemente reflectante penetra en la zona de detección (ver el dibujo adjunto).



*Principio del sistema de proximidad*



## Detectores ópticos de proximidad

---

El alcance de un sistema de proximidad es inferior al de un sistema réflex, lo que desaconseja su uso en entornos contaminados. El alcance depende:

- **del color del objeto detectado y de su poder reflectante** (un objeto de color claro se detecta a mayor distancia que un objeto oscuro),
- **de las dimensiones del objeto** (el alcance disminuye con el tamaño).

Los detectores de proximidad se equipan frecuentemente con un **potenciómetro de reglaje de sensibilidad**. Para una distancia dada entre el objeto detectado y el emisor, la detección de un objeto menos reflectante requiere un aumento de la sensibilidad, lo que puede provocar la detección del plano posterior en caso de ser más reflectante que el propio objeto.



## Detectores de proximidad con borrado del plano posterior

---

Los detectores de proximidad con borrado del plano posterior están equipados con un potenciómetro de regulación de alcance que permite “enfocar” una zona de detección y evitar la detección del plano posterior.





# Detectores ultrasónicos

---

Están basados en la emisión-recepción de ondas ultrasónicas. Cuando un objeto interrumpe el haz, el nivel de recepción varía y el receptor lo detecta.

Pueden detectar objetos transparentes, como cristal y plásticos, materiales que ofrecen dificultades para la detección óptica.

Dado que las ondas ultrasónicas se mueven por el aire, no podrán ser utilizados en lugares donde éste circule con violencia, o en medios de elevada contaminación acústica.

# Detectores de proximidad

MATERIAL		DISTANCIA	DETECTOR
SÓLIDO	METÁLICO	< 50 mm	INDUCTIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO U ÓPTICO
	NO METÁLICO	< 50 mm	CAPACITIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO U ÓPTICO
POLVO O GRANULADOS	METÁLICO	< 50 mm	INDUCTIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO
	NO METÁLICO	< 50 mm	CAPACITIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO
LÍQUIDO	TRANSPARENTE	< 50 mm	CAPACITIVO
		> 50 mm	ULTRASÓNICO
	OPACO	< 50 mm	CAPACITIVO
		> 50 mm	ÓPTICO



# Sensores de temperatura

---

Podemos distinguir los siguientes grandes grupos de sensores térmicos:

- Termostatos todo-nada: interruptores que conmutan a un cierto valor de temperatura. Los más simples están basados en la diferencia de dilatación de 2 metales, y los más sofisticados se suelen construir a base de un sensor de tipo analógico y uno o varios comparadores.
- Termopares: sensores de tipo analógico basados en el efecto Seebeck, que consiste en la aparición de una tensión eléctrica entre dos piezas de diferentes metales unidas por un extremo, cuando éste se calienta (unión caliente) y se mantienen los otros dos extremos a una misma temperatura inferior (unión fría). La fem generada depende de la diferencia de temperaturas entre la unión fría y la unión caliente



## Sensores de temperatura (II)

---

- Termorresistencias: sensores de tipo analógico basados en el cambio de la resistencia eléctrica de algunos metales o semiconductores con la temperatura.
- Pirómetros de radiación: sensores de tipo analógico utilizables en general para muy altas temperaturas, que están basados en la radiación térmica emitida por los cuerpos calientes.



# Sensores de nivel

---

Se utilizan para conocer el estado de llenado de depósitos de líquidos o sólidos en forma de polvo o granulados.

- Sensores todo-nada: para líquidos conductores es frecuente emplear flotadores con un contacto entre dos electrodos sumergidos. Para sólidos o líquidos no conductores suelen emplearse métodos fotoeléctricos o detectores de proximidad capacitivos.
- Sensores por presión: la diferencia de presiones entre el fondo y la superficie es directamente proporcional al nivel y al peso específico del líquido.
- Sensores ultrasónicos: se basan en la medición del tiempo total de ida y vuelta de un impulso de presión (ultrasonido) que es reflejado por la superficie del material y recogido por un receptor colocado al lado del emisor. Este tiempo es proporcional a la distancia y a la densidad del medio



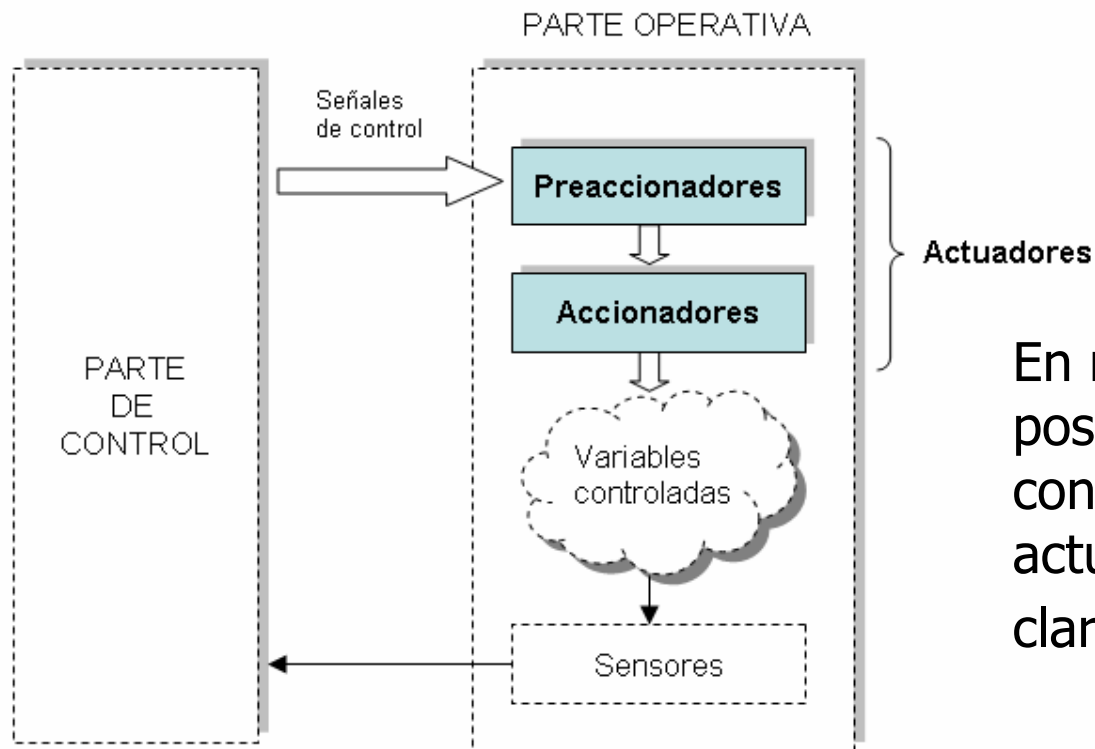
# Actuadores

---

Genéricamente se conoce con el nombre de actuadores a los elementos finales que permiten modificar las variables a controlar en una instalación automatizada. Se trata de elementos que ejercen de interfaces de potencia, convirtiendo magnitudes físicas, normalmente de carácter eléctrico en otro tipo de magnitud que permite actuar sobre el medio o proceso a controlar. Al mismo tiempo aíslan la parte de control del sistema de las cargas que gobiernan el proceso.

Entre los accionamientos más habituales se encuentran los destinados a producir movimiento (motores y cilindros), los destinados al trasiego de fluidos (bombas) y los de tipo térmico (hornos, intercambiadores, etc.)

# Actuadores (II)



En muchas ocasiones es posible distinguir en la configuración física del actuador dos componentes claramente diferenciados



## Actuadores (III)

---

**Accionador:** Que se encarga de aportar la “energía” (lumínica, calorífica, ...) necesaria al sistema, para modificar los valores de la magnitud física a controlar. Una bomba, un radiador, un motor, etc. son ejemplos claros de accionadores.

**Preaccionador:** Que permite de manera intermedia, la amplificación y/o conversión de la señal de control proporcionada por el controlador para el gobierno de la instalación: relé de maniobra o contactor, electroválvula, etc. Nos centraremos en éstos





# Actuadores (IV)

---

Clasificación atendiendo al tipo de energía empleada en el accionamiento:

- Accionamientos eléctricos
- Accionamientos hidráulicos
- Accionamientos neumáticos
- Accionamientos térmicos

Dentro de cada una de estas tecnologías encontramos accionamientos de dos tipos:

- Accionamientos todo-nada
- Accionamientos de tipo continuo



# Actuadores (V)

---

## (Pre)Accionamientos eléctricos

- Relés y contactores. Dispositivos electromagnéticos que conectan o desconectan un circuito eléctrico de potencia al excitar un electroimán o bobina de mando. Los relés están previstos para accionar pequeñas potencias (del orden de 1kW)
- Servomotores. Pequeñas máquinas especialmente diseñadas para el control de posicionamiento



# Actuadores (VI)

---

(Pre)Accionamientos hidráulicos y neumáticos

- Válvulas distribuidoras. Dispositivos que permiten establecer o cortar la conexión hidráulica o neumática entre dos o más vías. Ya estudiadas.
- Servoválvulas. Válvulas proporcionales capaces de regular la presión o el caudal siguiendo una cierta magnitud de consigna de tipo eléctrico.
- Cilindros. Permiten obtener un movimiento aplicando una presión hidráulica o neumática a uno u otro lado del émbolo. Ya estudiados.



# Orígenes de estas transparencias

---

- Balcells J., Romeral, J.L.; 'Autómatas programables'; ed. Marcombo