



*By. Mtro. Carlos M. Ruvalcaba Becerra*



## **SENSORES:**

## **DETECTORES:**

## **INTERRUPTORES DE PROXIMIDAD:**

## **SONDAS:**

Los dispositivos electrónicos con este nombre, son circuitos electrónicos que se desarrollaron con la necesidad del control, para verificar la presencia de objetos METALICOS, NO METALICOS, LIQUIDOS, y PESO.

Estos dispositivos están compuestos por etapas.

Cuentan con una etapa electrónica de conmutación, que se encarga de proporcionar la señal de salida.

Existen gran variedad de dispositivos con aplicaciones especiales y se deben conocer ciertas características FUNDAMENTALES para la elección adecuada.

Todos estos dispositivos tienen un encapsulado según sus características de operación.

## **LAS CARACTERÍSTICA DE ELECCIÓN SON:**

- 1.- TIPO DE OBJETO A DETECTAR.**
- 2.- DISTANCIA DEL OBJETO A DETECTAR.**
- 3.- VELOCIDAD DE MOVIMIENTO DEL OBJETO.**
- 4.- MEDIDA DEL OBJETO.**
- 5.- VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL DISPOSITIVO.**
- 6.- TIPO DE POLARIDAD.**
- 7.- NUMERO DE CONDUCTORES.**
- 8.- CORRIENTE DE CONSUMO DEL CONTROL.**
- 9.- TIPO DE MONTAJE REQUERIDO.**
- 10.- MEDIO AMBIENTE DE OPERACIÓN.**

**Cumpliendo estas características, se tendrá una elección correcta del dispositivo a utilizar, solo restando el cuidado necesario de operación para una larga vida.**

## APLICACIONES TÍPICAS DE LOS SENSORES DE PROXIMIDAD

### **DETECCIÓN DE:**

**POSICIÓN**

**PRESENCIA**

**ROTURA DE ALAMBRES**

**SENTIDO DE MOVIMIENTO**

**ATASCAMIENTO DE PARTES GIRATORIAS**

**HERRAMIENTAS ROTAS**

**PIEZAS FALTANTES**

**LATAS O BOTELLAS**

**ELEMENTOS DE TRANSPORTADORES**

### **CONTROL DE:**

**NIVEL DE LIQUIDOS**

**PESO**

**ALINEAMIENTO**

## SENSORES CLASIFICACIÓN:

Los términos «sensor» y «transductor» se suelen aceptar como sinónimos, aunque, si hubiera que hacer alguna distinción, el término transductor es quizás más amplio, incluyendo una parte sensible o «captador» propiamente dicho y algún tipo de circuito de acondicionamiento de la señal detectada. Sí nos centramos en el estudio de los transductores cuya salida es una señal eléctrica, podemos dar la siguiente definición:

*«Un transductor es un dispositivo capaz de convertir el valor de una magnitud física en una señal eléctrica codificada, ya sea en forma analógica o digital»,*

No todos los transductores tienen por qué dar una salida en forma de señal eléctrica. Como ejemplo puede valer el caso de un termómetro basado en la diferencia de dilatación de una lámina bimetálica, donde la temperatura se convierte directamente en un desplazamiento de una aguja indicadora.

Sin embargo, el término transductor suele asociarse bastante a dispositivos cuya salida es alguna magnitud eléctrica o magnética y, por otro lado, nos interesan aquí sólo este tipo de transductores, en la medida que son elementos conectables a autómatas programables a través de las interfaces adecuadas.

Limitándonos, pues, a los transductores basados en fenómenos eléctricos o magnéticos, éstos suelen tener una estructura general como la que muestra la figura en la cual podemos distinguir las siguientes partes:

- **Elemento sensor o captador.** Convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica o magnética, que denominaremos habitualmente *señal*.
- **Bloque de tratamiento de señal.** Sí existe, suele filtrar, amplificar, linealizar y, en general, modificar la señal obtenida en el captador, por regla general utilizando circuitos electrónicos.
- **Etapas de salida.** Esta etapa comprende los amplificadores, interruptores, conversores de código, transmisores y, en general, todas aquellas partes que adaptan la señal a las necesidades de la carga exterior.

Podemos dar varias clasificaciones de los transductores de tipo eléctrico o magnético, atendiendo a diversos puntos de vista que vamos a repasar a continuación.

## CLASIFICACIONES SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL DE SALIDA.

Atendiendo a la forma de codificar la magnitud medida podemos establecer una clasificación en:

- **Analógicos.** Aquellos que dan como salida un valor de tensión o corriente variable en forma continua dentro del campo de medida. Es frecuente para este tipo de transductores que incluyan una etapa de salida para suministrar señales normalizadas de 0-10 V o 4-20 mA.
- **Digitales.** Son aquellos que dan como salida una señal codificada en forma de pulsos o en forma de una palabra digital codificada en binario, BCD u otro sistema cualquiera.
- **Todo-nada.** Indican únicamente cuándo la variable detectada rebasa un cierto umbral o límite. Pueden considerarse como un caso límite de los sensores digitales en el que se codifican sólo dos estados.

Otro criterio de clasificación, relacionado con la señal de salida, es el hecho de que el captador propiamente dicho requiera o no una alimentación externa para su funcionamiento. En el primer caso se denominan sensores *pasivos* y en el segundo caso *activos* o *directos*.

**Los sensores pasivos** se basan, por lo general, en la modificación de la impedancia eléctrica o magnética de un material bajo determinadas condiciones físicas o químicas (resistencia, capacidad, inductancia, reluctancia, etc.). Este tipo de sensores, debidamente alimentados, provoca cambios de tensión o de corriente en un circuito, los cuales son recogidos por el circuito de interfaz.

**Los sensores activos** son, en realidad, generadores eléctricos, generalmente de pequeña señal. Por ello no necesitan alimentación exterior para funcionar, aunque sí suelen necesitarla para amplificar la débil señal del captador.

## CLASIFICACION SEGÚN LA MAGNITUD FÍSICA A DETECTAR

En cuanto a la naturaleza de la magnitud física a detectar, existe una gran variedad de sensores en la industria.

En general, los principios físicos en los que suelen estar basados los elementos sensores son los siguientes:

- Cambio de resistividad.
- Electromagnetismo (inducción electromagnética).
- Piezoelectricidad.
- Efecto fotovoltaico.
- Termoelectricidad.

## **Características generales de los Sensores.**

**Características estáticas.** Que describen la actuación del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la variable a medir.

**Características dinámicas.** Que describen la actuación del sensor en régimen transitorio, a base de dar su respuesta temporal ante determinados estímulos estándar o a base de identificar el comportamiento del transductor con sistemas estándar, e indicar las constantes de tiempo relevantes.

A continuación se dan las definiciones de las características estáticas y dinámicas más relevantes que suelen aparecer en la mayoría de especificaciones técnicas de los transductores. Debe tenerse en cuenta que todas las características suelen variar con las condiciones ambientales. Por ello, uno de los parámetros esenciales a comprobar al elegir un transductor es el campo de validez de los parámetros que se indican como nominales del mismo y las máximas desviaciones provocadas por dichas condiciones ambientales.

### **Características estáticas**

#### ***CAMPO DE MEDIDA.***

El campo de medida, es el 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.***

Indica la capacidad del sensor para discernir entre valores muy próximos de la variable de entrada. Se mide por la mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir. Se puede indicar en términos de valor absoluto de la variable física medida o en porcentaje respecto al fondo de escala de la salida.

#### ***PRECISIÓN.***

La precisión define la máxima desviación entre la salida real obtenida de un sensor en determinadas condiciones de entorno y el valor teórico de dicha salida que correspondería, en idénticas condiciones, según el modelo ideal especificado como patrón. Se suele indicar en valor absoluto de la variable de entrada o en porcentaje sobre el fondo de escala de la salida.

#### ***REPETIBILIDAD.***

Característica que indica la máxima desviación entre valores de salida obtenidos al medir varias veces un mismo valor de entrada, con el mismo sensor y en idénticas condiciones ambientales. Se suele expresar en porcentaje referido al fondo de escala y da una indicación del error aleatorio del sensor. Algunas veces

se suministran datos de repetibilidad variando ciertas condiciones ambientales, lo cual permite obtener las derivas ante dichos cambios.

### **LINEALIDAD.**

Se dice que un transductor es lineal, si existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los incrementos de señal de salida con los correspondientes incrementos de señal de entrada, en todo el campo de medida. La no linealidad se mide por la máxima desviación entre la respuesta real y la característica puramente lineal, referida al fondo de escala.

### **SENSIBILIDAD.**

Característica que indica la mayor o menor variación de la salida por unidad de la magnitud de entrada. Un sensor es tanto más sensible cuanto mayor sea la variación de la salida producida por una determinada variación de entrada. La sensibilidad se mide, pues, por la relación:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\Delta \text{magnitud de salida}}{\Delta \text{magnitud de entrada}}$$

Obsérvese que para transductores lineales esta relación es constante en todo el campo de medida, mientras que en un transductor de respuesta no lineal depende del punto en que se mida

### **RUIDO**

Se entiende por ruido cualquier perturbación aleatoria del propio transductor o del sistema de medida, que produce una desviación de la salida con respecto al valor teórico

### **HISTERESIS**

Se dice que un transductor presenta histéresis cuando, a igualdad de la magnitud de entrada, la salida depende de si dicha entrada se alcanza con aumentos en sentido creciente o en sentido decreciente. Se suele medir en términos de valor absoluto de la variable física o en porcentaje sobre el fondo de escala. Obsérvese que la histéresis puede no ser constante en todo el campo de medida

En el caso de sensores todo-nada se denomina histéresis a la diferencia entre el valor de entrada que provoca el basculamiento de 0 → 1 y aquel que provoca el basculamiento inverso de 1 → 0

Obsérvese la clara diferencia entre los términos resolución, precisión, repetibilidad y sensibilidad, términos que suelen confundirse muchas veces, incluso en alguna bibliografía.

## **Características dinámicas**

La mayor parte de transductores tienen un comportamiento dinámico que se puede asimilar a un sistema de primer o segundo orden, es decir, con una o, como máximo, dos constantes de tiempo dominantes (véase el concepto de constante de tiempo en el capítulo 3) Los principales parámetros que caracterizan el comportamiento dinámico de un transductor serán, pues, los que se definieron para estos tipos de sistemas Solo cabe destacar que los transductores que responden a modelos de segundo orden suelen ser sistemas sobre amortiguados, es decir, sistemas en los que no hay rebasamiento en la respuesta al escalón A continuación damos un resumen de las características dinámicas mas importantes

### ***VELOCIDAD DE RESPUESTA***

La velocidad de respuesta mide la capacidad de un transductor para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada La forma de cuantificar este parámetro es a base de una o mas constantes de tiempo, que suelen obtenerse de la respuesta al escalón Los parámetros mas relevantes empleados en la definición de la velocidad de respuesta son los siguientes

#### ***Tiempo de retardo:***

Es el tiempo transcurrido desde la aplicación del escalón de entrada hasta que la salida alcanza el 10% de su valor permanente

#### ***Tiempo de subida:***

Es el tiempo transcurrido desde que la salida alcanza el 10% de su valor permanente hasta que llega por primera vez al 90% de dicho vaíor

#### ***Tiempo de establecimiento al 99 %:***

Es el tiempo transcurrido desde la aplicación de un escalón de entrada hasta que la respuesta alcanza el régimen permanente, con una tolerancia de  $\pm 1\%$

#### ***Constante de tiempo:***

Para un transductor con respuesta de primer orden (una sola constante de



tiempo dominante) se puede determinar la constante de tiempo a base de medir el tiempo empleado para que la salida alcance el 63°/o de su valor de régimen permanente, cuando a la entrada se le aplica un cambio en escalón.

## **RESPUESTA FRECUENCIAL**

Relación entre la sensibilidad y la frecuencia cuando la entrada es una excitación senoidal Se suele indicar gráficamente mediante un gráfico de Bode Tal como se vio en el capítulo 3, la respuesta frecuencial esta muy directamente relacionada con la velocidad de respuesta

## **ESTABILIDAD Y DERIVAS**

Características que indican la desviación de salida del sensor al variar ciertos parámetros exteriores distintos del que se pretende medir, tales como condiciones ambientales, alimentación, u otras perturbaciones

## **TRANSDUCTORES DE POSICIÓN: CONCEPTOS GENERALES**

Los transductores de posición permiten medir la distancia de un objeto respecto a un punto o eje de referencia o simplemente detectar la presencia de un objeto a una cierta distancia precisamente, su capacidad de medida o solo indicación de presencia y la capacidad de medir distancias mas o menos grandes permite establecer una división en los grupos que se citan a continuación

— **Detectores de presencia o proximidad:** Se trata de sensores de posición todo o nada que entregan una señal binaria que informa de la existencia o no de un objeto ante el detector. El mas elemental de estos sensores es quizás el conocido interruptor final de carrera por contacto mecánico.

— **Medidores de distancia o posición:** Entregan una señal analógica o digital que permite determina la posición lineal o angular respecto a un punto o eje de referencia.

— **Transductores de pequeñas deformaciones:** Se trata de sensores de posición especialmente diseñados. para detectar pequeñas deformaciones o movimientos. Muchas veces se emplean adosados a piezas elásticas o con palpadores como transductores indirectos de fuerza o de par

## DETECTORES DE PROXIMIDAD

### Conceptos generales:

Los detectores de proximidad pueden estar basados en distintos tipos de captadores, siendo los más frecuentes los siguientes.

Detectores Inductivos

Detectores Capacitivos

Detectores Ópticos

Detectores Ultrasónicos

Por lo general, se trata de sensores con respuesta todo o nada, con una cierta histéresis en la distancia de detección y con salida a base de interruptor estático (transistor, tiristor o Triac) pudiendo actuar como interruptores de CC o de CA. Pero, algunos de ellos pueden llegar a dar una salida analógica proporcional a la distancia. En tal caso, se estudian como verdaderos medidores de posición.

Atendiendo al tipo de alimentación (CC o CA), al tipo de salida y a la forma de conexión podemos clasificar los detectores de proximidad en diferentes grupos.

### CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE SALIDA.

**Detectores todo-nada de CA.** Se trata de detectores cuya salida es un interruptor estático de CA a base de tiristores o triacs. Por lo general, no pueden utilizarse más que para CA, ya que para CC una vez cebados no desenganchan.

**Detectores todo-nada de CC.** Se trata de detectores cuya salida suele ser un transistor PNP o NPN. Precisamente el tipo de transistor determina la forma de conexión de la carga.

**Detectores Namur.** Detectores de tipo inductivo, previstos para funcionamiento en atmósferas explosivas, según recomendaciones NAMUR (DIN 19.234). Son detectores de dos hilos que absorben una intensidad alta o baja dependiendo de la presencia o no del objeto detectado. La actuación puede considerarse todo o nada con una histéresis, igual que los tipos mencionados anteriormente. En general, se usan como captador en atmósferas explosivas y la señal que generan se conecta a un amplificador externo con rele de salida.

**Detectores con salida analógica.** Los detectores con salida analógica dan una corriente proporcional a la distancia entre el cabezal detector y el objeto a detectar. La conexión suele ser a dos hilos y permite detectar un rango de distancias limitado. Los de tipo inductivo y capacitivo tienen una linealidad y una resolución bastante pobres, que hace que no puedan emplearse como verdaderos medidores de distancia. Únicamente los de tipo óptico y ultrasónico pueden detectar distancias

considerables con una resolución aceptable.

## CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE CONEXIÓN.

- **Conexión a dos hilos.** El sensor se conecta en serie con la carga, como si se tratara de un interruptor electromecánico. Esta conexión es habitual para los detectores de CA. Los sensores NAMUR siguen también una conexión de dos hilos, aunque como se ha dicho no son propiamente interruptores, sino que precisan de un circuito auxiliar externo.
- **Conexión a tres hilos.** Ésta es la más frecuente para los detectores de CC con salida por transistor. Se tiene un hilo común para alimentación y carga y los otros dos son diferenciados uno para la alimentación y otro para la carga. El hilo común debe conectarse al terminal negativo de la alimentación para transistores PNP y al terminal positivo para los de tipo NPN.
- **Conexión a cuatro o cinco hilos.** Se suelen emplear para detectores de CC. Emplean dos hilos para la alimentación, y otros dos (o tres, en montaje conmutado) corresponden al contacto de salida para control de la carga.

## CARACTERÍSTICAS DE SALIDA.

Como se ha dicho, los detectores de proximidad suelen tener salida estática a base de tiristores o transistores. Este tipo de conmutadores presentan siempre una caída de tensión residual en el estado cerrado y una corriente de fugas en el estado abierto. Esto implica que no pueden trabajar por debajo de una cierta tensión de alimentación y que requieren una mínima corriente de carga para asegurar una buena conmutación.

Desde el punto de vista de su aptitud para ser usados como elementos de mando en los autómatas, una excesiva corriente de fugas puede ocasionar problemas de interpretación de nivel alto de entrada cuando en realidad el interruptor está desactivado. Por ello, los detectores con excesiva corriente de fugas no son aptos para accionar las entradas de los autómatas.

### 7.5.2. Detectores inductivos

Este tipo de detectores sirven para detectar la proximidad de piezas metálicas en un rango de distancias que va desde 1 mm a unos 30 mm, con una posible resolución del orden de décimas de milímetro. La ejecución mecánica y eléctrica está normalizada a nivel europeo por CENELEC (normas EN 50.032, EN 50.036, EN 50.037, EN 50.038)

Mecánicamente las mencionadas normas definen varios tipos (figura 7.3):

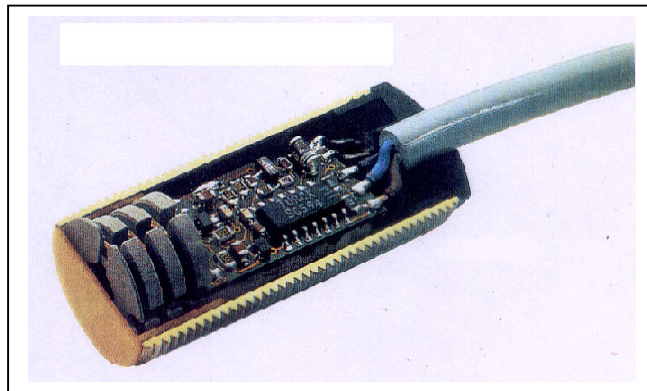
- Forma A cilíndrica roscada con diámetros normalizados de M8, M12, M18

y M30. Existen, además, otros tipos sin rosca con tamaños de diámetro de 4 y 5 mm. A su vez, todos ellos pueden ser de tipo enrasable o no enrasable, dependiendo de si se puede o no enrasar el cabezal detector en metal.

— Forma C de paralelepípedo con cabezal orientable. Generalmente son utilizados para distancias grandes.

---

## **SENSORES INDUCTIVOS:**



### **Tecnología y Funcionamiento.**

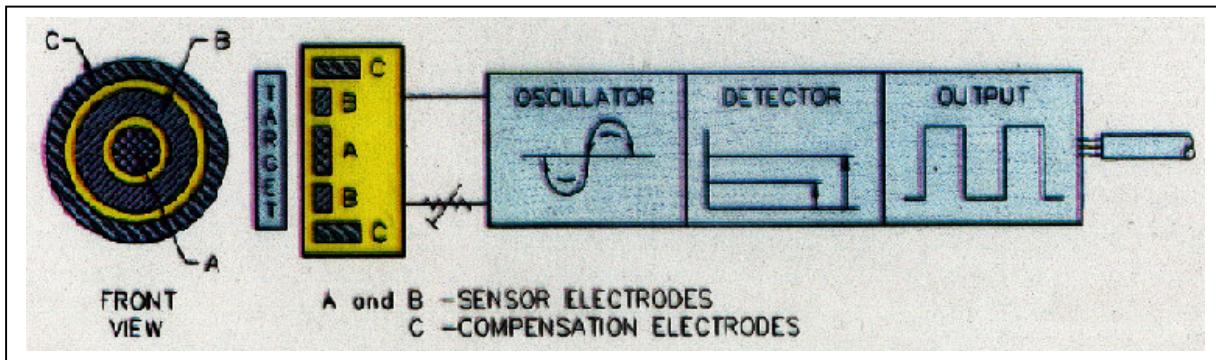
#### **Principios básicos de sensores inductivos.**

Un inductor a través del cual fluye una corriente alternante genera un campo electromagnético alternante. El voltaje presente en el inductor depende en la magnitud de la inductancia y de sus resistencias.

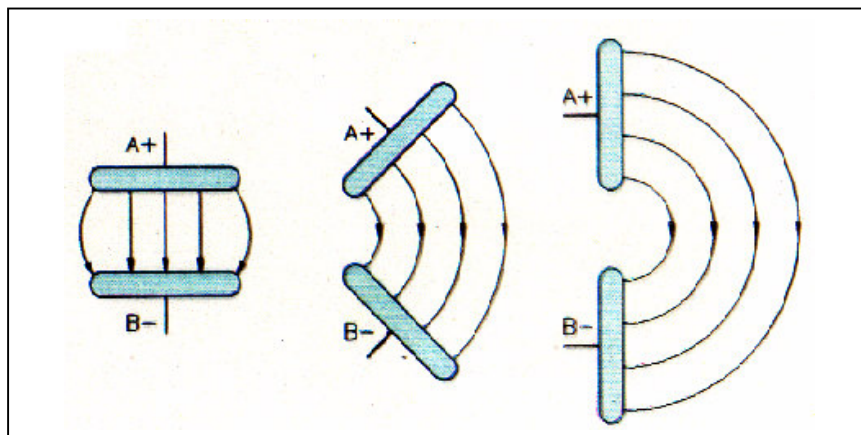
Estas resistencias de carga, son causadas por resistencia del cobre de la bobina por las cargas de corriente de Eddy y también por el efecto Skin en altas frecuencias de AC.

Si colocamos un material conductor magnético y/o eléctrico en este campo alternante, el valor de la inductancia varía, y con ella la resistencia.

Si el material conduce el magnetismo bien y no así electricidad, influencia principalmente la inductancia. Por el contrario su influencia sería en la resistencia.



En ingeniería de producción industrial se requiere detectar conductores eléctricos metálicos, se usa un principio diferente. En este caso sólo mucha energía es requerida al circuito selector de oscilación pudiendo sostener la amplitud del oscilador en un valor específico, por ejemplo solo cubriendo la carga de la bobina. Un **oscilador** genera un campo magnético alternante de **alta frecuencia**; cuando un conductor eléctrico se acerca al oscilador, el voltaje y el campo magnético de alta frecuencia disminuye o puede desaparecer. Para generar una señal de salida de voltaje de CD., primeramente debe ser rectificado el voltaje de oscilación, mediante el promedio de valores o la generación de un voltaje pico. Cuando ocurre la variación del campo magnético de alta frecuencia (disminuye) este cambio y es detectado por un circuito de conmutación (trigger), que después de la rectificación obtenemos una señal de salida digital.



**Campo magnético en la cara del sensor.**



Su (distancia usual de detección) 3.24 a 4.84 mm.

S min. 3.24 mm.

S máx. 4.84 mm.

\*Histéresis  $0.15 \times 4.40 = 0.66$  mm

Max. switch-off  $(4.84 + .66) = 5.50$  mm.

\*E1 0.15 es un factor especificado por tablas de datos técnico y el valor resultante se suma a S máx. para obtener la distancia máxima de desconexión.

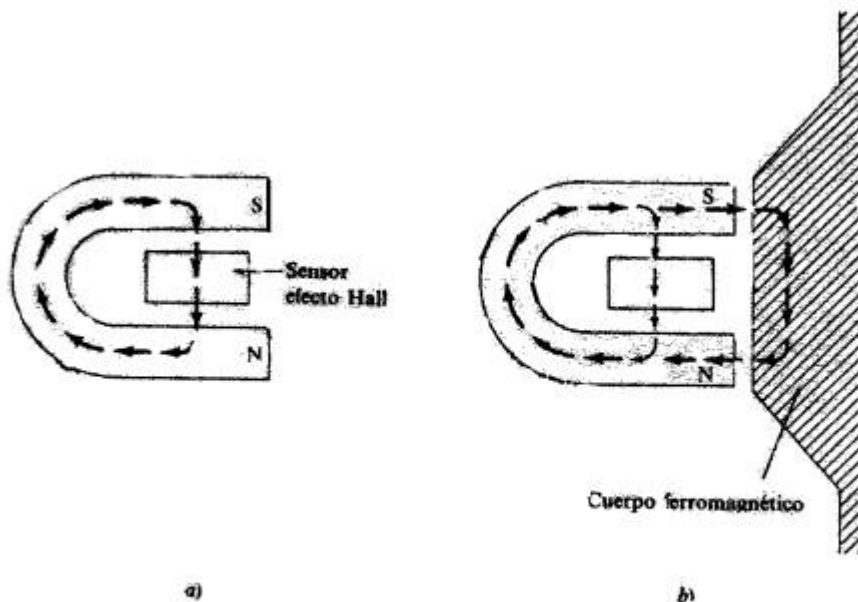
## METALES:

**ACERO, CROMO-NIQUEL, BRONCE, ALUMINIO, COBRE, LAMINAS, PERFILES, ETC.**

### Sensores de efecto Hall.

Se recordara por la física elemental que el efecto hall relaciona la tensión entre dos puntos de un material conductor o semiconductor con un campo magnético a través del material. Cuando se utilizan por si mismos, los sensores de efecto hall solo pueden detectar objetos magnetizados. Sin embargo cuando se emplean en conjunción con un imán permanente en la configuración tal como la indicada en la figura, son capaces de detectar todos los materiales ferromagnéticos.

Cuando se utilizan de dicha manera, un dispositivo de efecto Hall detecta un campo magnético intenso en la ausencia de un material ferromagnético en el campo cercano.



**Figura 6.10** Funcionamiento de un sensor de efecto Hall en conjunción con un imán permanente. (Adaptado de Canali [1981a]. © Società Italiana di Fisica.)

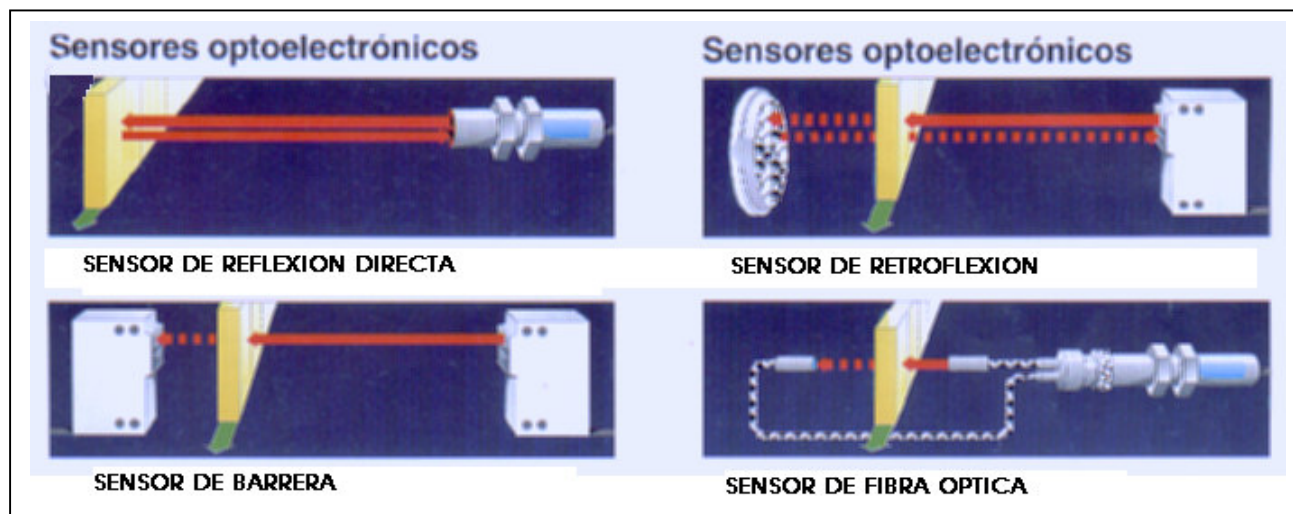


Cuando dicho material se lleva a la proximidad del dispositivo, el campo magnético se debilita en el sensor debido a la curvatura de las líneas del campo a través del material. Los sensores de efecto Hall están basados en el principio de una fuerza de Lorentz que actúa sobre una partícula cargada que se desplaza a través de un campo magnético. Esta fuerza actúa sobre un eje perpendicular al plano establecido por la dirección de movimiento de la partícula cargada y la dirección del campo. Es decir, la fuerza de Lorentz viene dada por  $F = q(v \times B)$ , en donde  $q$  es la carga,  $v$  es el vector de velocidad,  $B$  es el vector del campo magnético y  $\times$  es el signo indicativo del producto vectorial. Al llevar un material ferromagnético cerca del dispositivo de imán semiconductor disminuirá la intensidad del campo magnético, con la consiguiente reducción de la fuerza de Lorentz y, finalmente, la tensión a través del semiconductor. Esta caída en la tensión es la clave para detectar la proximidad con sensores de efecto Hall. Las decisiones binarias con respecto a la presencia de un objeto se realizan estableciendo un umbral de la tensión fuera del sensor.

Además, la utilización de materiales semiconductores permite la construcción de circuitos electrónicos para amplificación y detección directamente en el propio sensor, con lo que se reduce el tamaño y el coste del mismo.

---

## SENSORES OPTOELECTRONICOS



**Son 4 principios básicos de operación de los sensores opto electrónicos, cada una con características únicas.**

Los detectores ópticos emplean fotocélulas como elementos de detección. Algunos tipos disponen de un cabezal que incorpora un emisor de luz y la

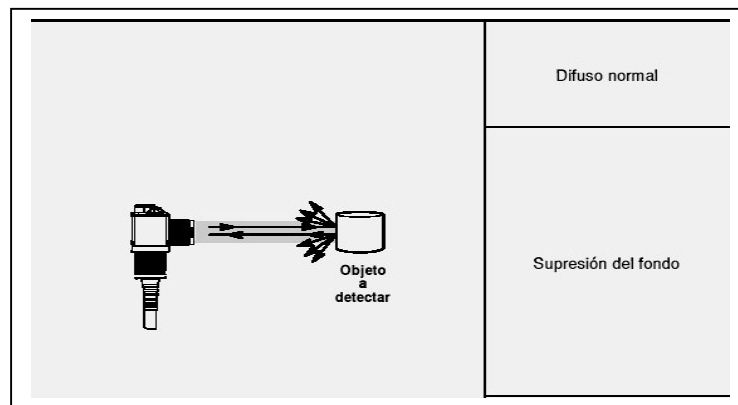


fotocélula de detección, actuando por *reflexión* y detección del haz de luz reflejado sobre el objeto que se pretende detectar.

Otros tipos trabajan a modo de barrera y están previstos para detección a mayores distancias con fuentes luminosas independientes del cabezal detector. Ambos tipos suelen trabajar con frecuencias luminosas en la gama de infrarrojos. Las características particulares de los detectores de proximidad ópticos, respecto a otros detectores de proximidad son:

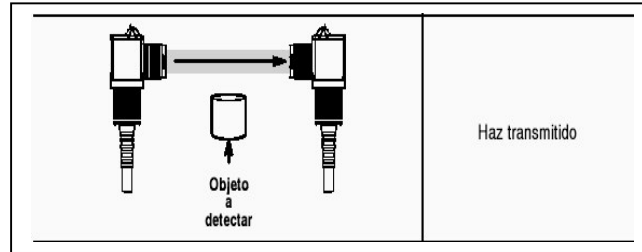
- Elevada inmunidad a perturbaciones electromagnéticas (EMI) externas.
- Distancias de detección grandes respecto a los inductivos o capacitivos. Se obtiene fácilmente hasta 500 metros en modo barrera, y hasta 5 metros por reflexión.
- Alta velocidad de respuesta y frecuencia de conmutación.
- Permiten la identificación de colores.
- Capaces de detectar objetos del tamaño de décimas de milímetro.

Existen alguna variantes de detectores ópticos previstas para aplicaciones especiales. Por ejemplo para ambientes muy iluminados pueden emplearse barreras ópticas basadas en detección de luz polarizada. El emisor emite luz polarizada contra una placa reflectora que hace girar el plano de polarización de  $90^\circ$  y la devuelve hacia el detector, previsto para recibirla en el plano vertical. Cualquier objeto, incluso reflectante, que se interponga entre el emisor y el relector será detectado, puesto que no girara el plano de polarización del haz de luz.



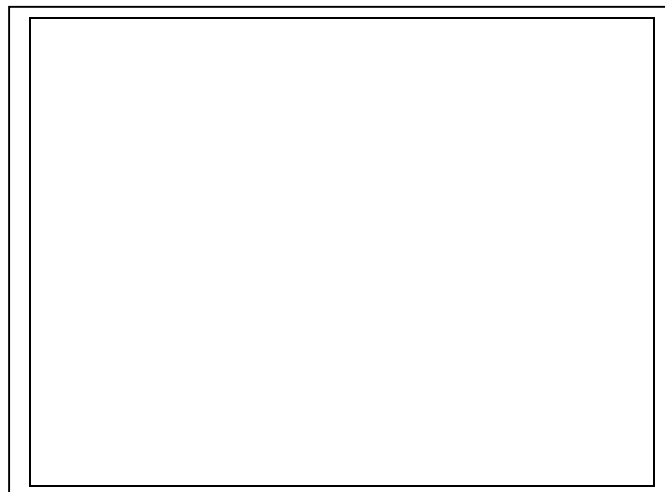
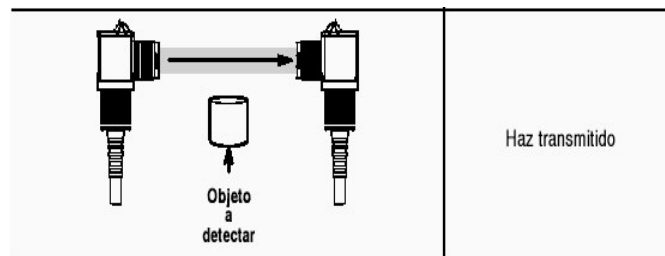
Otra variante de detectores ópticos son los de fibra óptica, que tienen los puntos de emisión / recepción de luz separados de la unidad generadora, y unidos a ella mediante la fibra.

De esta forma, la detección puede llevarse a puntos inaccesibles para las fotocélulas de barrera o reflexión.



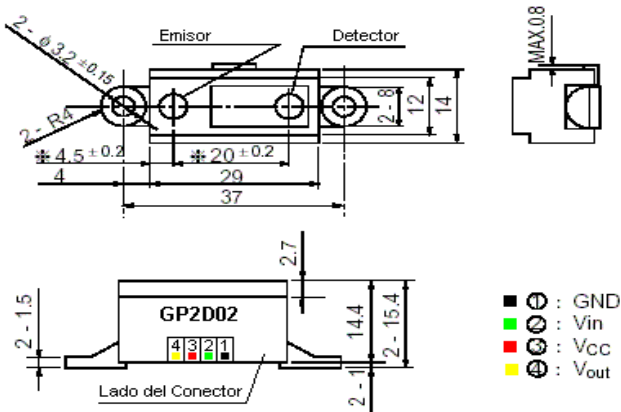
Otra variante de detectores ópticos son los de fibra óptica, que tienen los puntos de emisión / recepción de luz separados de la unidad generadora, y unidos a ella mediante la fibra.

De esta forma, la detección puede llevarse a puntos inaccesibles para las fotocélulas de barrera o reflexión.

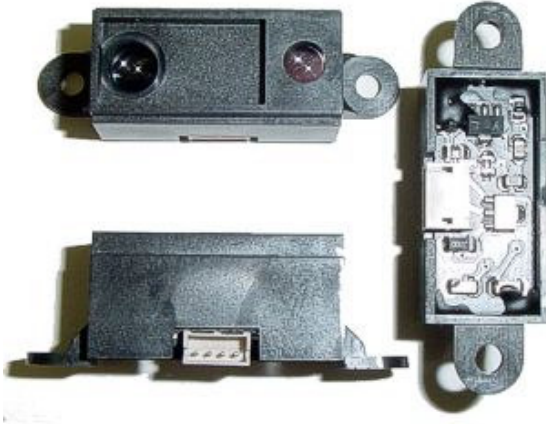


**El Sharp GP2D02 es un sensor medidor de distancias por infrarrojos** con un rango de trabajo de 10 a 80 cm, con un consumo mínimo cuando esta en reposo. El sensor utiliza solo una línea de entrada y otra de salida para comunicarse con

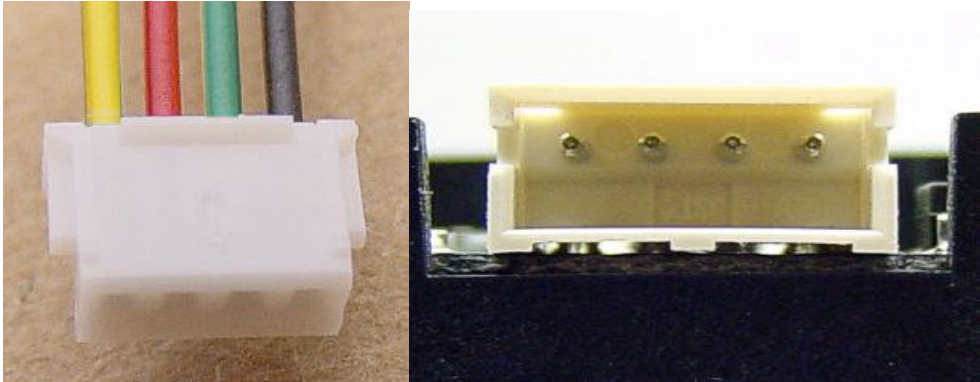
el procesador principal. Su utilización es tan sencilla como mandar un pulso bajo en la entrada de control, esperar 70 ms y mandar 8 pulsos de reloj para leer el valor de la distancia medida. El sensor se entrega con un conector de 4 pines y un diodo para poder conectarlo a cualquier circuito CMOS/TTL. Tensión de funcionamiento 5V, Temperatura funcionamiento :-10 a 60°C, Consumo Max - Min: 35 mA, 3uA.

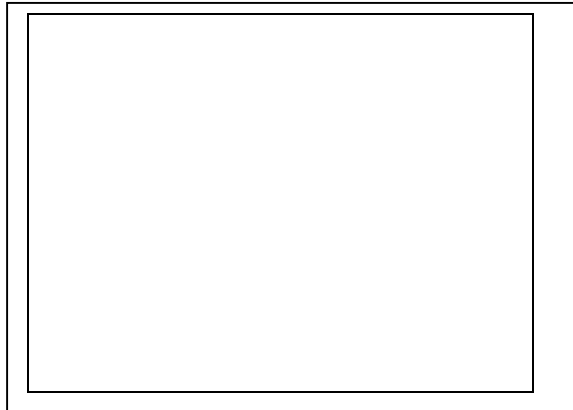


**Dimensiones del sensor de infrarrojos Sharp GP2D02**

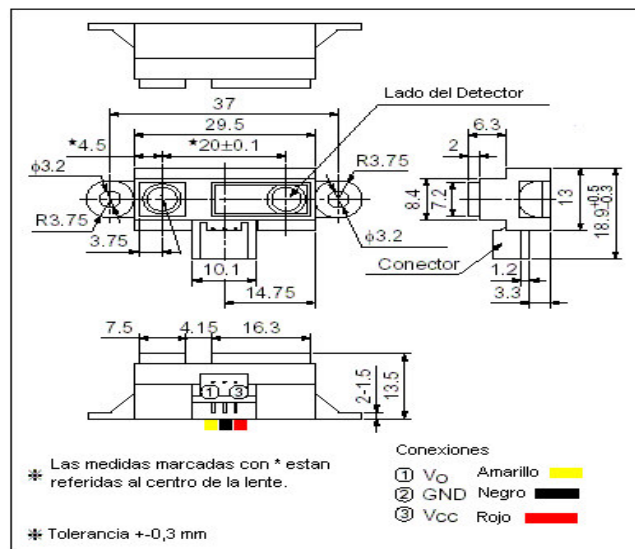


**Diferentes aspectos del medidor de distancias Sharp gp2d02.**

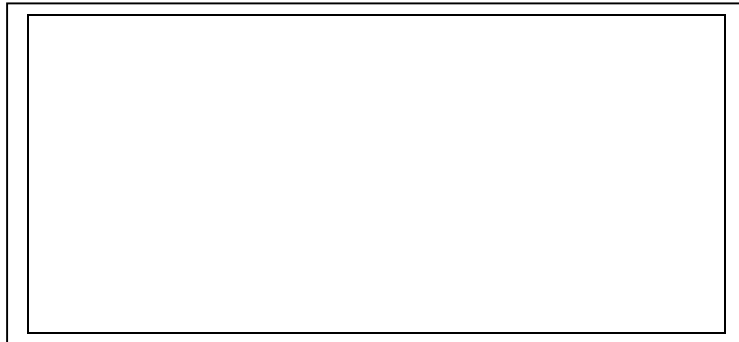
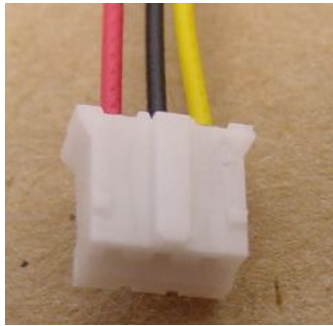
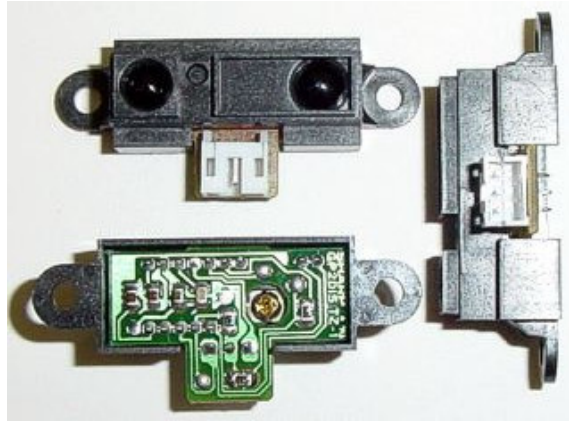




**El Sharp GP2D15 es un sensor medidor de distancias por infrarrojos** que indica mediante una salida digital si hay un objeto a menos de 24 cm. De forma continua, esto significa que no es necesario ningún tipo de circuito de control ni temporización externo. Basta con aplicar tensión para que la medida esté disponible cada 50 ms. El sensor utiliza solo una línea de salida para comunicarse con el procesador principal. El sensor se entrega con un conector de 3 pines. Tensión de funcionamiento 5V, Temperatura funcionamiento: -10 a 60°C, Consumo Medio: 35 mA. Margen de medida 24cm +- 3 cm.



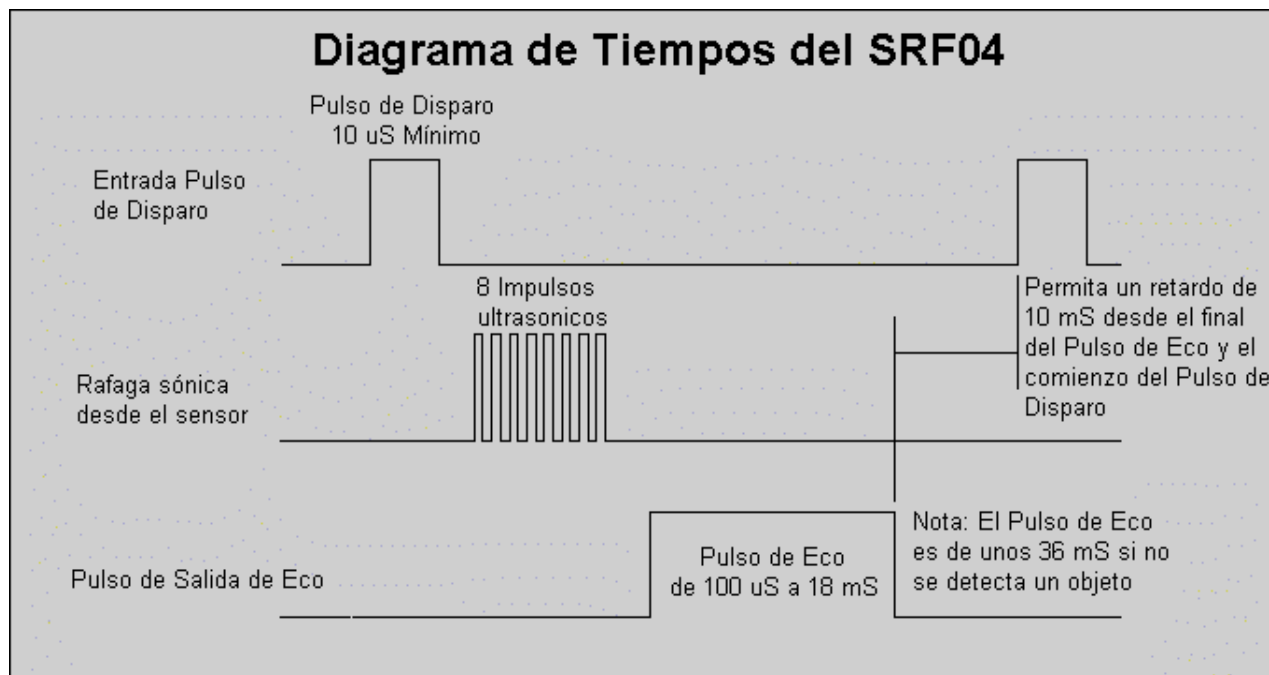
Dimensiones del sensor de distancias Sharp GP2D15



---

**SRF04 es un sensor de distancias por ultrasonidos** capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 3 a 300 cm. El sensor funciona por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición. Su uso es tan sencillo como enviar el pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno. De muy pequeño tamaño, SRF04 destaca por su bajo

consumo, gran precisión y bajo precio por lo que está reemplazando a los sensores polaroid en los robots más recientes.



## Funcionamiento

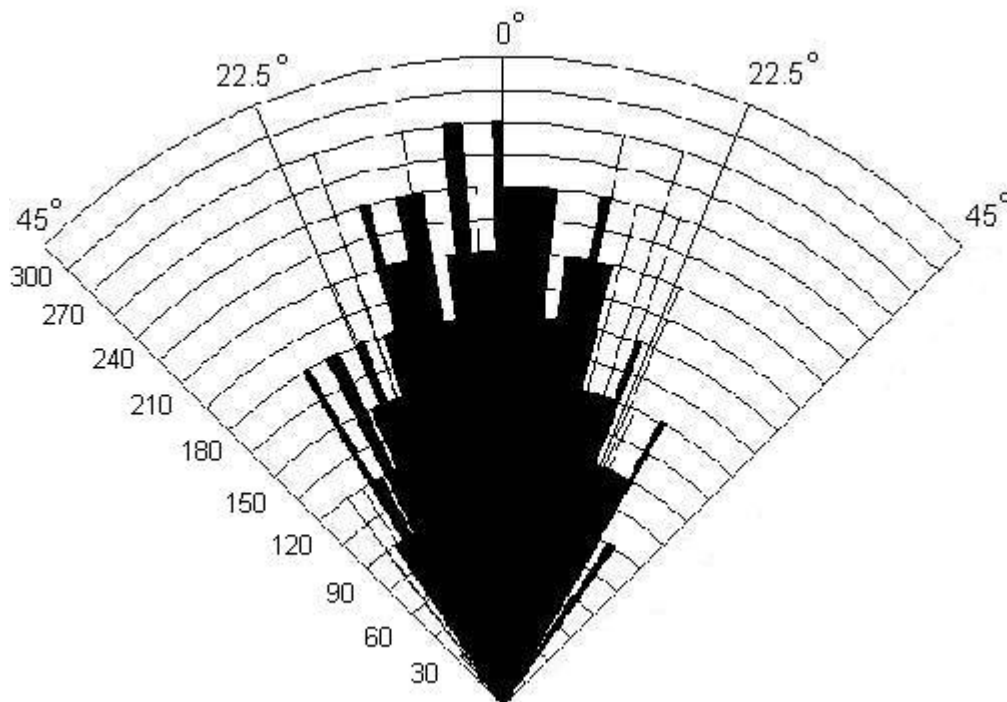
El sensor SRF04 funciona emitiendo impulsos de ultrasonidos inaudibles para el oído humano. Los impulsos emitidos viajan a la velocidad del sonido hasta alcanzar un objeto, entonces el sonido es reflejado y captado de nuevo por el receptor de ultrasonidos. Lo que hace el controlador incorporado es emitir una ráfaga de impulsos ya continuación empieza a contar el tiempo que tarda en llegar el eco. Este tiempo se traduce en un pulso de eco de anchura proporcional a la distancia a la que se encuentra el objeto.

Desde un punto de vista práctico, lo que hay que hacer es mandar una señal de arranque en el pin 3 del SRF04 y después leer la anchura del impulso que nos proporciona en el pin 2. El pulso de disparo tiene que tener una anchura mínima de 10  $\mu$ S. Después leemos el pulso de salida de Eco y medimos su longitud que es proporcional al eco recibido. En caso de que no se produzca ningún eco, por que no se encuentra un objeto, el pulso de eco tiene una longitud aproximada de 36 ms. Hay que dejar un retardo de 10 ms desde que se hace una lectura hasta que se realiza la siguiente, con el fin de que el circuito se estabilice.



## SRF01 Característica Técnicas

Tensión	5V
Consumo	30mA Tip. 50mA Max.
Frecuencia:	40Khz.
Distancia Mínima:	3cm.
Distancia Máxima:	300cm.
Sensibilidad:	Detecta un palo de escoba a 3m.
Pulso de Disparo	10µs min. TTL
Pulso de Eco:	100µs - 18ms
Retardo entre pulsos:	10ms Mínimo
Pulso de Eco:	100µs - 18ms
Tamaño:	4x20x17mm
Peso:	10gr.



*El Rango efectivo del SRF04 es de unos 30° como puede verse en este diagrama*

## Aplicaciones

Las aplicaciones del detector srf04 son múltiples, pero sobre todas ellas, destaca su utilización como detector de obstáculos en robots con navegación autónoma, es decir, en aquellos robots que se mueven encontrando el camino a seguir y sorteando obstáculos. En los robots de pequeño tamaño, es suficiente con un solo detector, ya que su cono de detección de unos 30 grados es suficiente para cubrir el frontal del robot. En las plataformas de mayor tamaño, es necesario varias unidades para cubrir de una forma segura todo el perímetro. Para un robot de unos 30 cm es necesario un mínimo de 2 unidades, para cubrir solo el frontal. Si queremos cubrir todo el perímetro de avance, es necesario de 3 a 5 unidades para el mismo tamaño. Una posibilidad es la de montar el sensor en un servo y mover este 180 grados a la vez que se efectúan diversas mediciones a modo de radar.





## **Sensores Ultrasónicos.**

Existe una línea versátil de sensores que incluyen 30 mm de laminilla metal y albergues plásticos en dos estilos de albergue rectangulares.

Es estrecho análogo y con rendimientos a dispositivos discretos extensamente, sensor múltiple de posicionamiento sensando los rasgos ambientales del entorno del robot.

### **Los Blancos transparentes.**

Los sensores ultrasónicos son la mejor opción para los blancos transparentes.

Ellos pueden descubrir una hoja de película de plástico transparente tan fácilmente como una paleta de madera.

### **Ambientes polvorientos.**

Los sensores ultrasónicos no necesitan el ambiente limpio, necesitado por los sensores

fotoeléctricos. El transductor piezoeléctrico sellado de resina opera bien en muchas aplicaciones polvorientas.

### **Los blancos Desiguales.**

Muchas aplicaciones, como el descubrimiento de nivelado inclinado o los materiales desiguales.

Éste no es ningún problema para el sensor ultrasónico. Este sensor ofrece 60° de ángulo de cono sónico. El ángulo del cono ancho permite una inclinación designada de  $\pm 15^\circ$ .

### **Velocidad de mando con el rendimiento analógico.**

El rasgo importante es directamente la corriente analógica y el voltaje proporcional a la distancia designada. El rendimiento analógico para la industria del tejido que procesa las aplicaciones como la tensión de la vuelta y diámetro del rollo de alfombra, papel, textil o plástico.

## La circuitería de supresión de ruido.

Los sensores ultrasónicos no se afecta su señal por vidrio o metal, ni vibraciones generadas por motores, inducidas a través de la línea.

Operando en ambientes difíciles.

Los sensores sellados, soportan temperaturas de  $-25^{\circ}$  a  $70^{\circ}$ C ( $13^{\circ}$  a  $158^{\circ}$  F) por lo cua se tiene un sensor listo para aplicaciones exigentes.

Supresión de blancos en el fondo y en el primer plano.

Los sensores ultrasónicos están provistos con un potenciómetro para ajustar el límite lejano de la ventana de calibración, la mayoría de las versiones también ofrecen un segundo el potenciómetro para ajustar el límite cercano. Esto permite supresión de blancos en el fondo y primer plano.

## Los Indicadores.

Todos los sensores ultrasónicos tienen LEDs que indican el estado del rendimiento.

También se indica la presencia designada en el cono sónico.

En la figura se muestra la estructura de un transductor ultrasónico típico utilizado para detección de proximidad. El elemento básico es un transductor electroacústico, frecuentemente del tipo cerámico piezoeléctrico. La capa de resina protege al transductor contra la humedad, polvo y otros factores ambientales y también actúa como un adaptador de impedancia acústica. Puesto que el mismo transductor se suele utilizar para la transmisión y la recepción, un amortiguamiento rápido de la energía acústica es necesario para detectar objetos a pequeña distancia. Esta operación se realiza proporcionando absorbedores acústicos y desacoplando el transductor de su receptáculo. Este ultimo esta diseñado de modo que produzca un haz acústico estrecho para una eficaz transferencia de energía y una mejor direccionalidad de la señal.



## Los Indicadores.

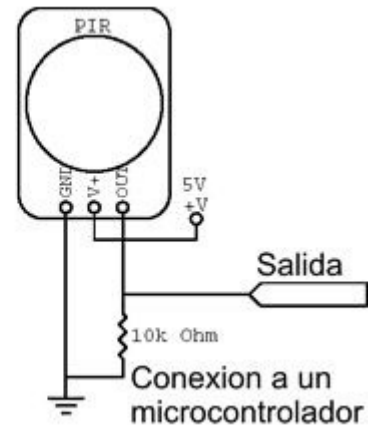
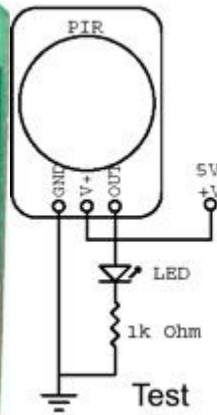
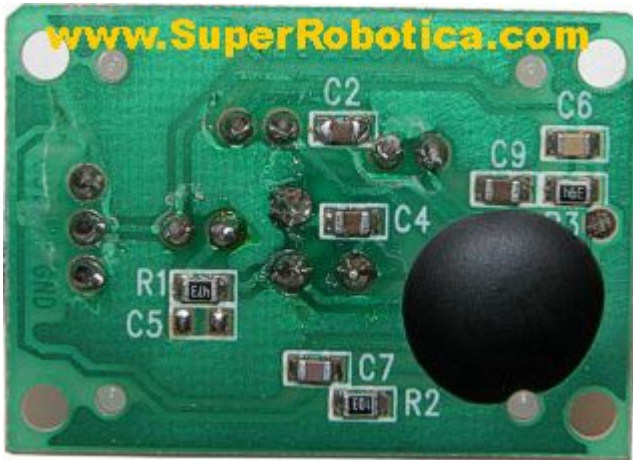
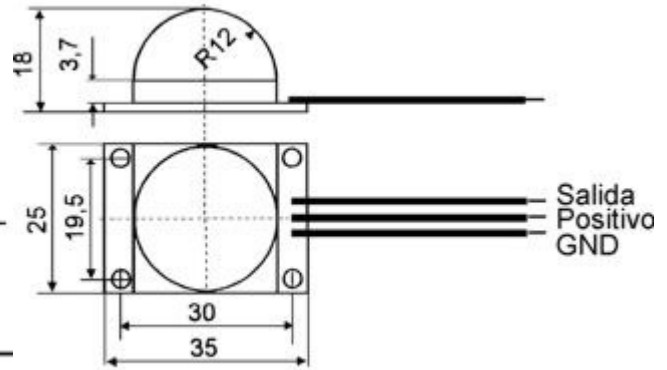
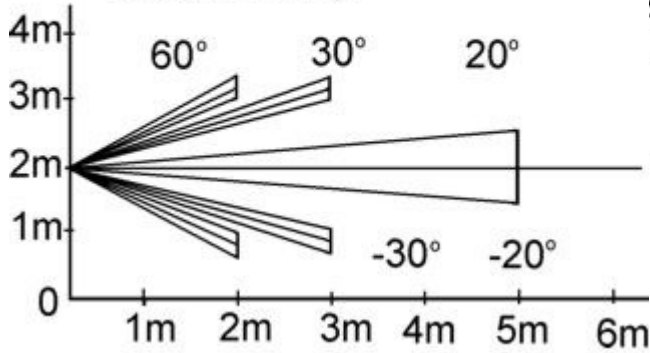
Todos los sensores ultrasónicos tienen LEDs que indican el estado del rendimiento. También se indica la presencia designada en el cono sónico.

En la figura se muestra la estructura de un transductor ultrasónico típico utilizado para detección de proximidad. El elemento básico es un transductor electroacústico, frecuentemente del tipo cerámico piezoeléctrico. La capa de resina protege al transductor contra la humedad, polvo y otros factores ambientales y también actúa como un adaptador de impedancia acústica. Puesto que el mismo transductor se suele utilizar para la transmisión y la recepción, un amortiguamiento rápido de la energía acústica es necesario para detectar objetos a pequeña distancia. Esta operación se realiza proporcionando absorbedores acústicos y desacoplando el transductor de su receptáculo. Este último está diseñado de modo que produzca un haz acústico estrecho para una eficaz transferencia de energía y una mejor direccionalidad de la señal.



**El sensor pir detector de movimientos por infrarrojos** resulta muy adecuado para su empleo en robots, gracias a su pequeño tamaño y bajo consumo. El sensor incluye una lente tipo fresnel de plástico que le proporciona un alcance de 5 metros y un ángulo de detección de 60 °. La señal de salida es compatible TTL y la alimentación es de 5V con un consumo de tan solo 350 uA mientras esta en reposo. Sus reducidas dimensiones de solo 25 x 35 x 18 mm hacen posible su utilización en todo tipo de robots y dispositivos sensores.

## Zona de Cobertura Vista en Planta



**Sensor de vibración sin mercurio** específicamente diseñado para la detección del movimiento y la vibración. No le afecta la posición de montaje, ofreciendo un

nivel similar de sensibilidad independientemente de ésta, siendo adecuado para circuitos analógicos o digitales. El sensor reacciona cuando es desequilibrado por un impacto o vibración, produciendo un breve cambio de estado (pasa de abierto a cerrado o viceversa). El tiempo de perturbación dependerá de la cantidad de energía recibida en el momento del impacto. El estado en el que se estabilizará será arbitrario, a menos que la posición de montaje sea elegida para una salida NC. Características: Tensión Max: 24 Vac, Corriente Max: 25 mA, Resistencia Max: 5 ohmio, Temperatura trabajo:-37 a 100° C. Angulo: Indiferente. Dimensiones aprox.: 10 x 8 mm. No cortar los terminales

---



**Sensor de aceleración** formado por una cápsula hermética que contiene un contacto normalmente abierto y que se cierra cuando se produce una aceleración o impacto superior a 5 G +-1,5 G. Cuando en nivel de aceleración decrece por debajo del umbral de disparo, el contacto se habré de nuevo. Este sensor resulta útil para detectar impactos y agresiones en los robots. Dado la brevedad del contacto en caso de impacto, es recomendable utilizarlo junto con alguna entrada de interrupción, o con algún circuito de tipo biestable con memoria que permita reconocer el evento ocurrido. Características Tensión Max: 24Vac, Corriente Max: 250 mA, Resistencia Máx.: 10 ohmio, Temperatura Trabajo: -20 a 85°C. Dimensiones 7 x 5 mm. No cortar los terminales.

---



**Sensor de inclinación completamente exento de mercurio** y totalmente auto contenido en una cápsula metálica. El sensor es para montaje horizontal, su estado de conmutación cambia al ser inclinado unos  $10^\circ$  de la horizontal. Los contactos del sensor estarán normalmente abiertos o cerrados, según en la posición en que se monte. La sensibilidad cambia según la posición de montaje. Muy útil para detectar si un robot esta volcado, esta siendo atacado o simplemente cuando el robot colisiona con algo y trata de montarse en el. Tensión Máx.: 60 Vdc, Corriente Máx.: 250 mA, Resistencia Max : 30 ohmio, Temperatura trabajo:-37 a  $100^\circ$  C. Dimensiones aprox.: 10 x 5 mm. No cortar los terminales.

---

## Sensor Capacitivo



En estos sensores, el elemento sensible es el condensador del circuito oscilante, formado por dos aros metálicos concéntricos situados en la cara sensible, y cuyo dieléctrico es el material de la zona sensible.

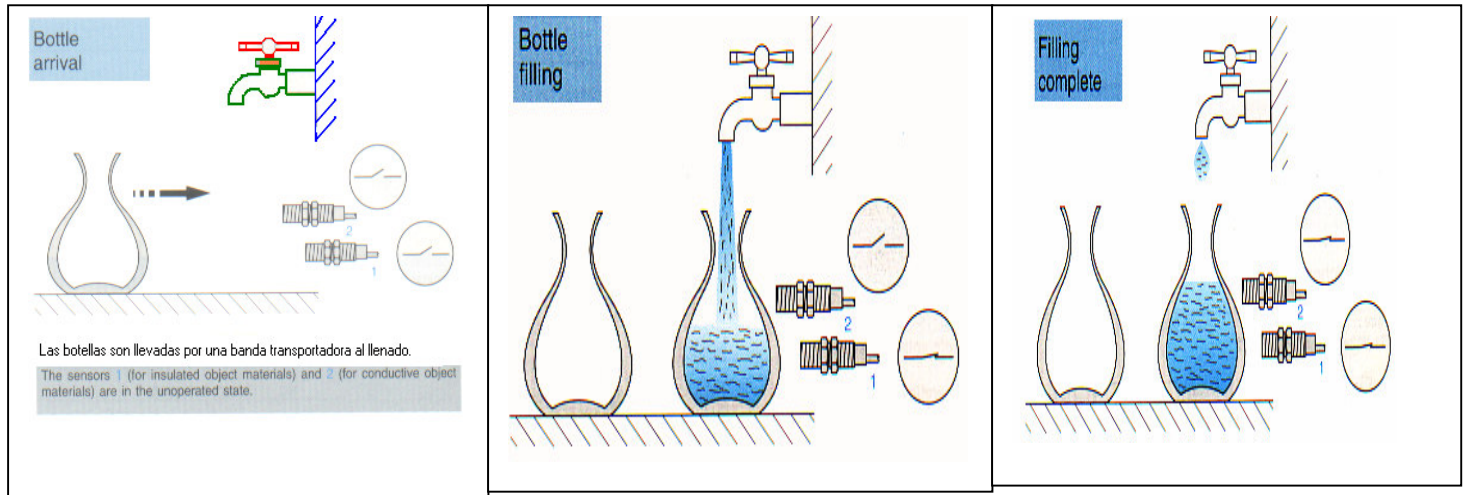
Este tipo de sensores permiten detectar materiales metálicos o no, pero su sensibilidad se ve muy afectada por el tipo de material y por el grado de humedad ambiental, además del cuerpo a detectar.

Por ello se utilizan exclusivamente como detectores todo-nada, con una repetibilidad bastante dependiente de las condiciones ambientales.



Para paliar el problema de dependencia de la sensibilidad con el tipo de material, se suelen construir con un ajuste de sensibilidad que utilizarlos para la detección de algunos materiales entre otros (por ejemplo, aluminio entre cobre o latón). Las aplicaciones típicas son, sin embargo, la detección de materiales no

### Aplicación en “Llenado de botellas”

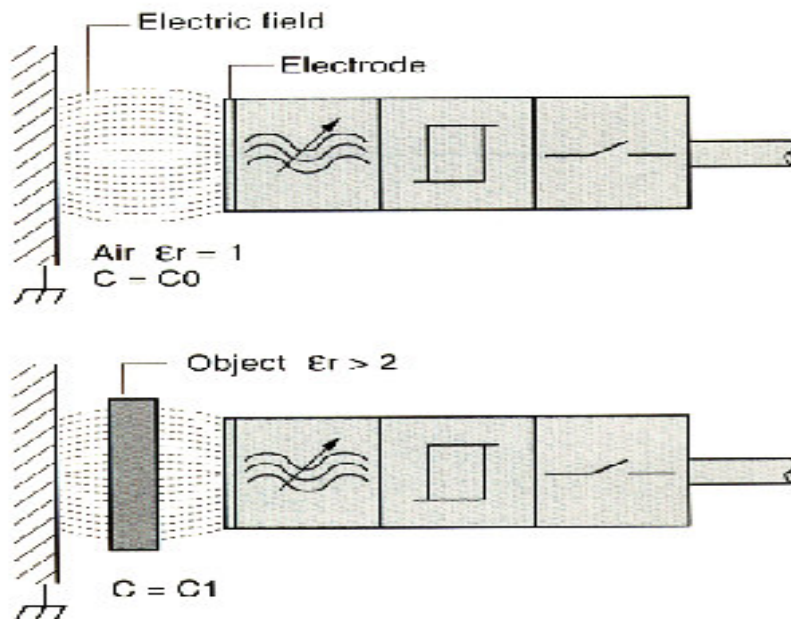


Un sensor de proximidad capacitivo, básicamente comprime un oscilador cual capacitor es formado por 2 electrodos colocados en frente de la cara del sensor.

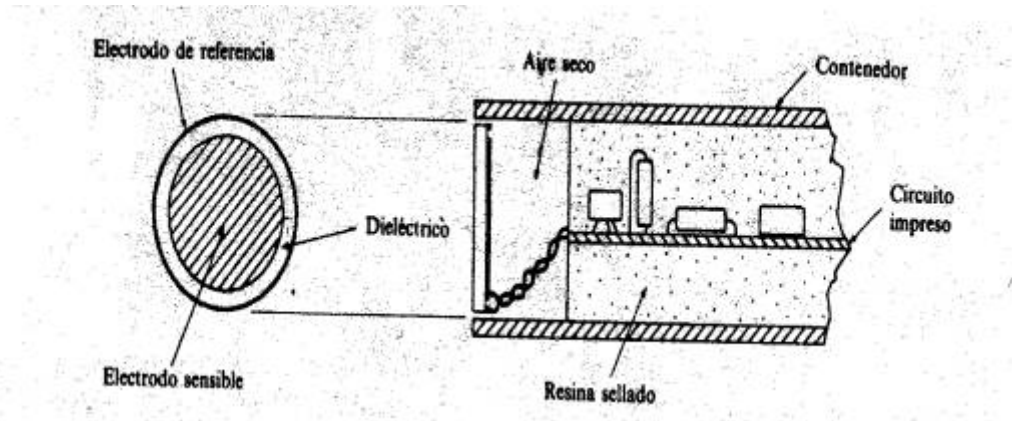
Cuando un objeto, de algún material ( $\epsilon_r > 2$ )

pasa por la cara sensible de el sensor, este modifica el acoplamiento del capacitor.

En aire o campo abierto ( $\epsilon_r = 1$ ), la capacitancia del capacitor es  $C_0$ .



A diferencia con los sensores inductivos y de efecto hall que detectan solamente materiales ferromagnéticos, los sensores capacitivos son potencialmente capaces (con diversos grados de sensibilidad) de detectar todos los materiales sólidos y líquidos. Como su nombre lo indica, estos sensores están basados en la detección de un cambio en la capacidad inducido por una superficie que se lleva cerca del elemento sensor.



EL elemento sensor es un condensador constituido por un electrodo sensible y un electrodo de referencia. Estos electrodos pueden ser, por ejemplo, un disco y un anillo metálicos separados por un material dieléctrico. Una cavidad de aire seco se suele colocar detrás del elemento capacitivo para proporcionar aislamiento. El resto del sensor está constituido por circuitos electrónicos que pueden incluirse como una parte integral de la unidad, en cuyo caso suelen estar embebidos en una resina para proporcionar soporte mecánico y sellado.

Hay varios métodos electrónicos para detectar la proximidad basados en cambio en la capacidad. Uno de los más simples incluye el condensador como parte de un circuito oscilador diseñado de modo que la oscilación se inicie solamente cuando la capacidad del sensor sea superior a un valor umbral preestablecido. La iniciación de la oscilación se traduce luego en una tensión de salida, que indica la presencia de un objeto. Este método proporciona una salida binaria, cuya sensibilidad de disparo dependerá del valor umbral.

En la figura se ilustra como la capacidad varia como una función de la distancia para un sensor de proximidad basado en los conceptos anteriores. Es de interés destacar que la sensibilidad disminuye mucho cuando la distancia es superior a unos pocos milímetros y que la forma de la curva de respuesta depende del material objeto de detección. en condiciones normales, estos sensores son accionados en un modo binario, de modo que un cambio en la capacidad mayor que en un umbral preestablecido  $T$  indica la presencia de un objeto, mientras que los cambios por debajo del umbral indican la ausencia de un objeto con respecto a los limites de detección establecidos por el valor de  $T$ .

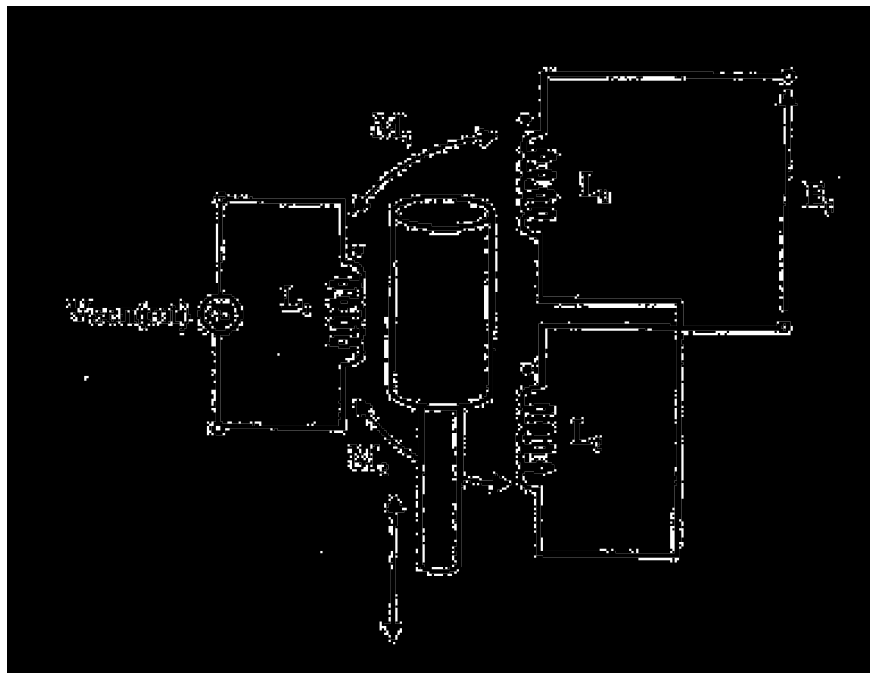


## Posicionamiento con LVDT

### Transformador diferencial de variación lineal (LVDT)

Como la mayoría de los dispositivos vistos hasta ahora, este tipo de sensores se basan en fenómenos electro-magnéticos. En el LVDT se une al eje cuyo desplazamiento vamos a medir un núcleo ferromagnético. Si situamos este núcleo entre una serie de inductancias, tal y como muestra el esquema, la diferencia de potencial  $E_0$  será proporcional al movimiento del núcleo (y por lo tanto al del eje).

Este sistema se utiliza ampliamente debido a su gran resolución, alta linealidad y rápida respuesta. Sin embargo, tiene el inconveniente de que no permite medir grandes desplazamientos (por razones obvias).

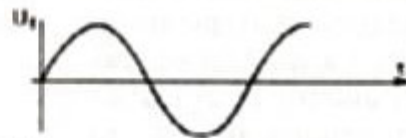


El transformador diferencial dispone de un primario y dos secundarios idénticos acoplados magnéticamente al primero mediante un núcleo móvil.

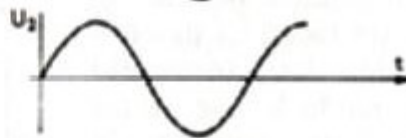
Dicho núcleo se hace solidario a un palpador o vástago, cuyo desplazamiento se va a medir, de tal forma que, en posición de reposo, el núcleo está colocado simétricamente respecto a ambos secundarios y, al desplazarse, queda descentrado. Mecánicamente el desplazamiento del núcleo puede ser lineal o rotativo.

Tanto en los transformadores de desplazamiento lineal como angular, los dos secundarios se suelen conectar en oposición, de tal forma que, en la posición cero, las tensiones inducidas en cada uno de ellos son iguales y, por tanto, la tensión total obtenida es nula.

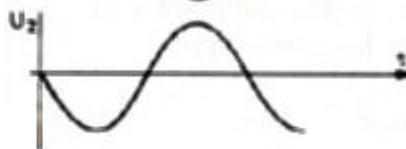
Primario



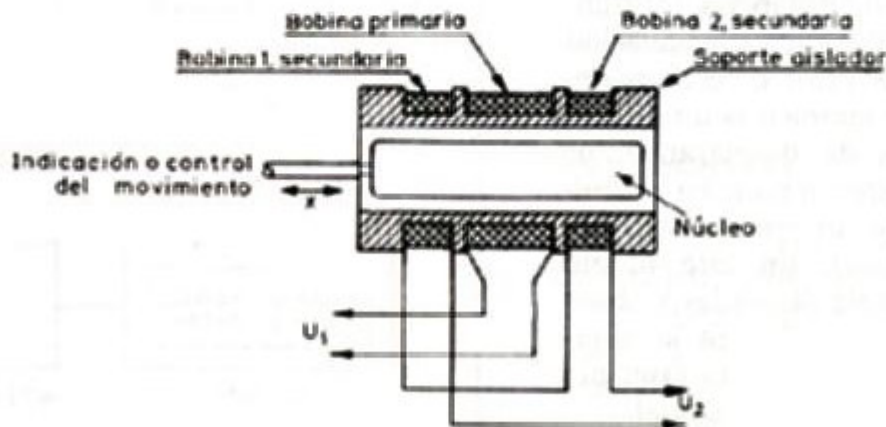
Desplazamiento +X



Desplazamiento -X



b) Tensiones



Forma Constructiva

Para desplazamientos de unos milímetros o ángulos de giro de hasta unos  $45^\circ$ , la relación de amplitudes secundario / primario varía casi linealmente con el desplazamiento alcanzándose linealidades de 0,5% y 1% sin histéresis apreciable.

### CONEXIÓN DE SENSORES:

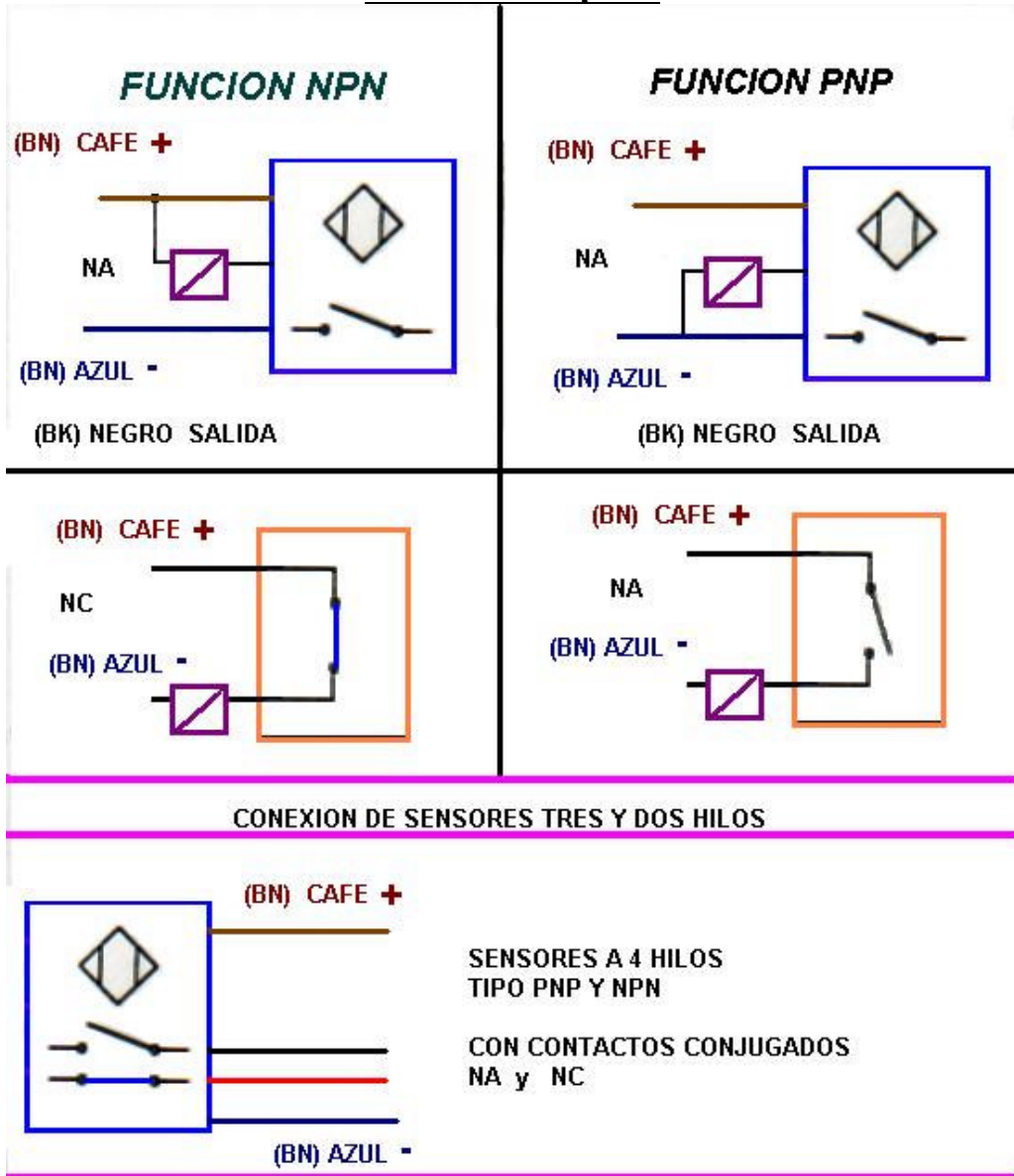
Se debe tener cuidado en la elección del sensor, el cual se adquiere con los voltajes de operación requeridos por el proyecto.

Hay que recordar que los PLC tiene una fuente de 24 Vdc, para realizar la conexión directamente, siempre y cuando el voltaje de operación del sensor sea de 10 a 32 Vdc.

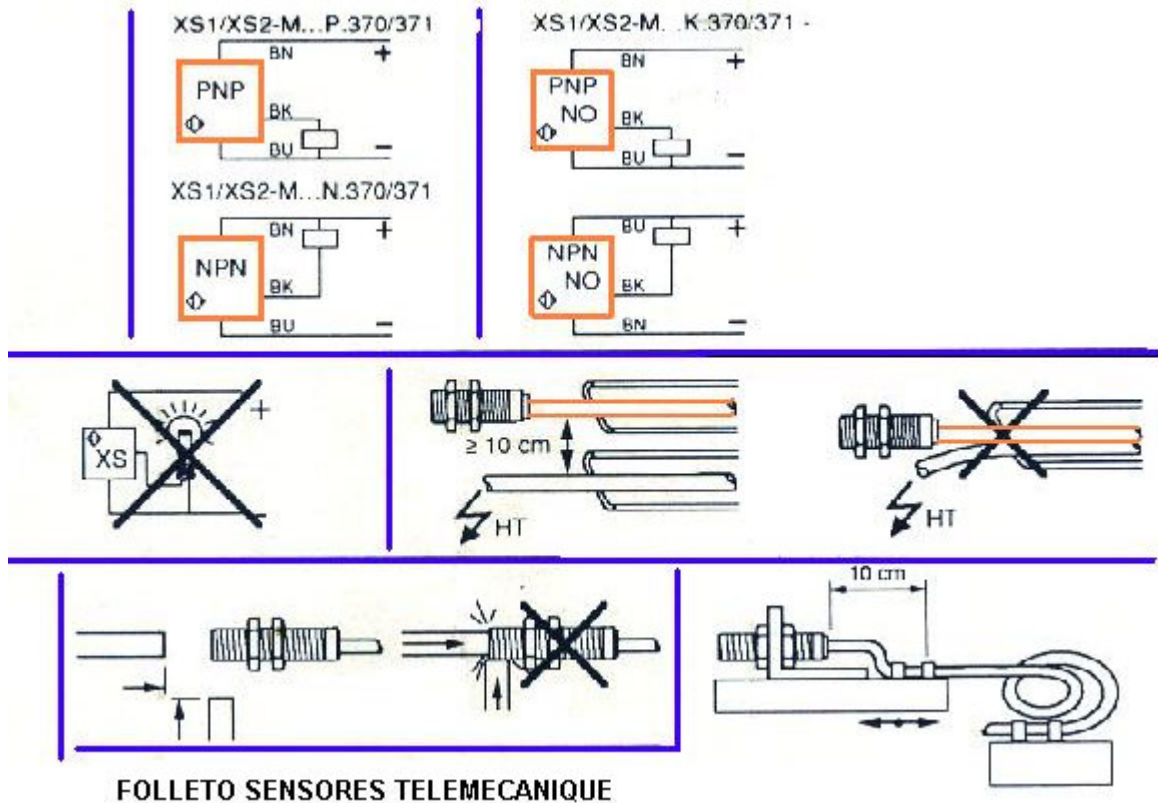
Los sensores cuando están en operación, en los diferentes ambientes de trabajo, pierden sus identificaciones, y solo queda recurrir al voltímetro y los planos eléctricos para determinar el voltaje y tipo de operación.

Por ejemplo: Existen sensores de 110 Vac, de la misma marca y tamaño físico de un sensor de 24 Vdc.  
 Es importante identificar los sensores antes de hacer cualquier modificación.

### Conexiones típicas



Por otra parte es importante determinar la polaridad de voltaje de salida del sensor cuando es de Vdc. Algunas marcas de PLC tienen sus entradas discretas ya diseñadas para recibir directamente señales de lógica positiva y lógica negativa.



Quando un sensor no es de la polaridad requerida, y ya se tiene, lo usual es conectar directamente un relevador al sensor, y utilizar los juegos de contactos de este relevador que hacen la función del sensor.