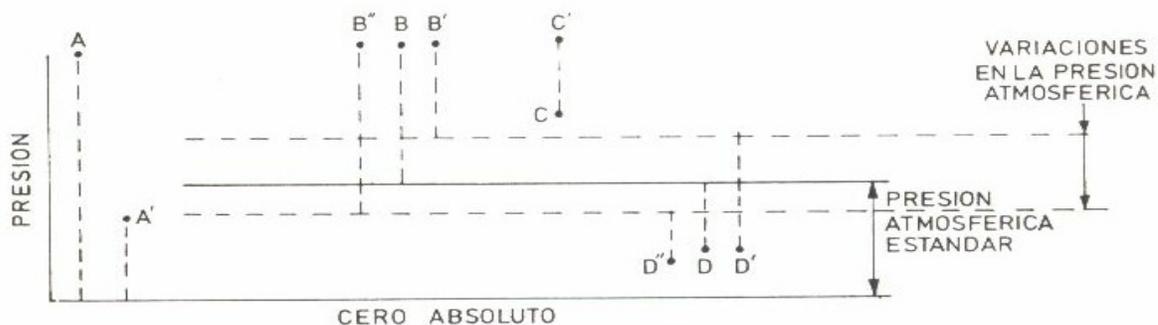
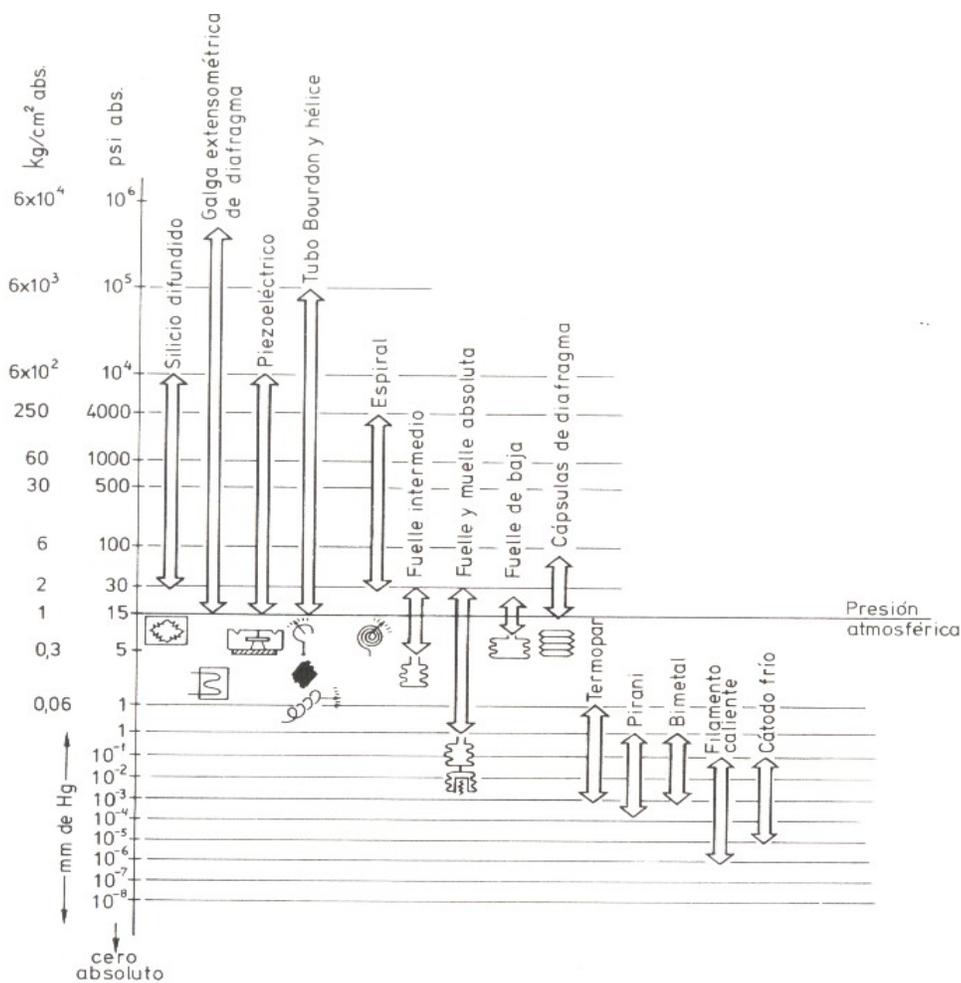


# SENSORES DE PRESION



## Instrumentos de presión y campos de aplicación.



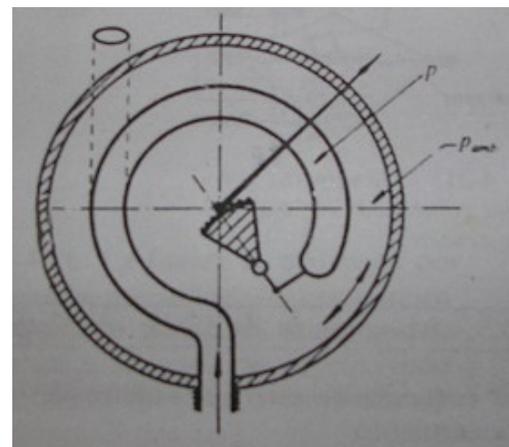
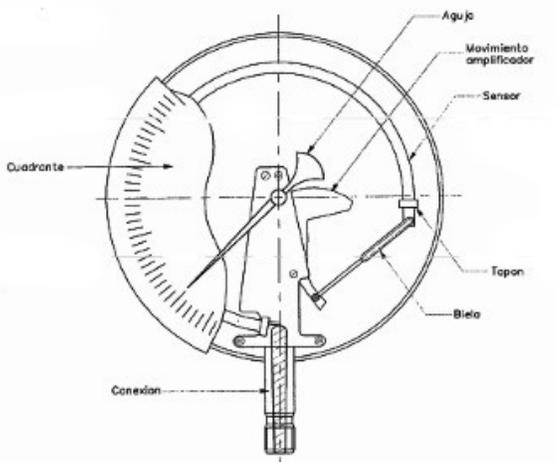
**Clasificación:**

- Mecánicos.
- Neumáticos.
- Electromecánicos.
- Electrónicos.

• **Mecánicos -**

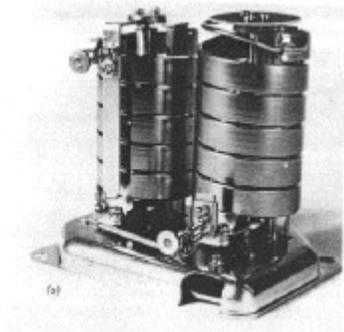
**(1)  *tubo Burdón:***

- Tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora, por medio de un sistema de piñón y cremallera.
- Material del tubo: acero inoxidable, aleación de cobre o aleaciones especiales de Hastelloy y Monel.

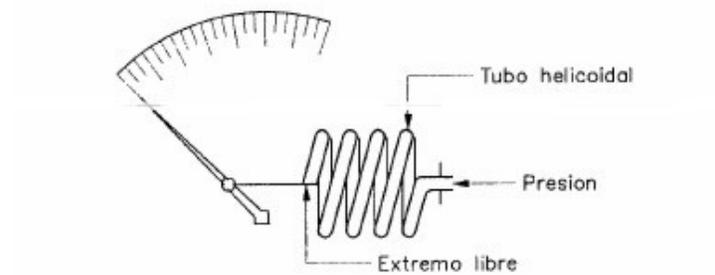
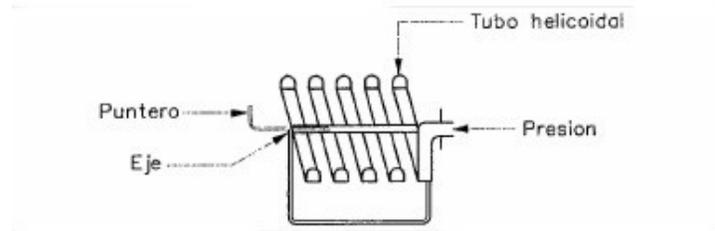


(2) **Elemento en espiral:**

- Se forma arrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común, y el helicoidal arrollando más de una espira en forma de hélice.
- Ideales como registradores.

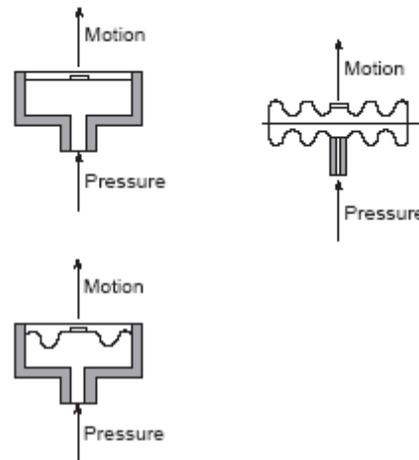


Tubo Bourdon de hélice



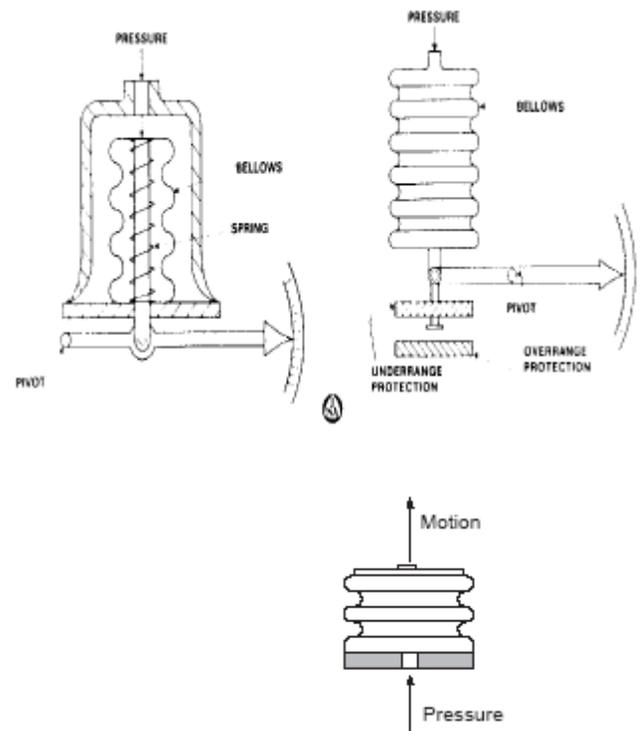
(3) **Diafragma:**

- En éstos, al aplicar presión, el movimiento se aproxima a una relación lineal en un intervalo de medida lo más amplio posible con un mínimo de histéresis.
- Material del diafragma: aleación de níquel o inconel.
- Utilizado para pequeñas presiones.



(4) **De fuelle:**

- Parecido al anterior, solo que está conformado por una sola pieza flexible axialmente, y puede dilatarse o contraerse con un desplazamiento considerable.
- Material del fuelle: bronce fosforoso.
- Utilizado para pequeñas presiones.

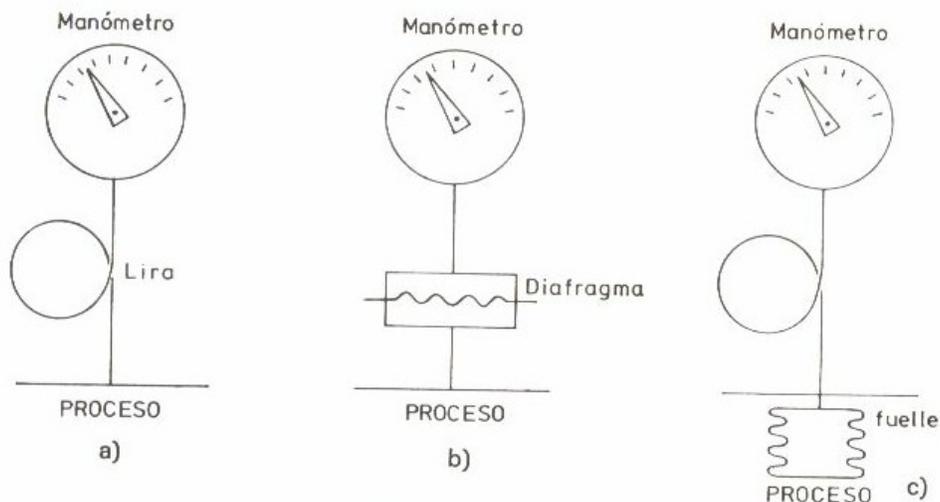
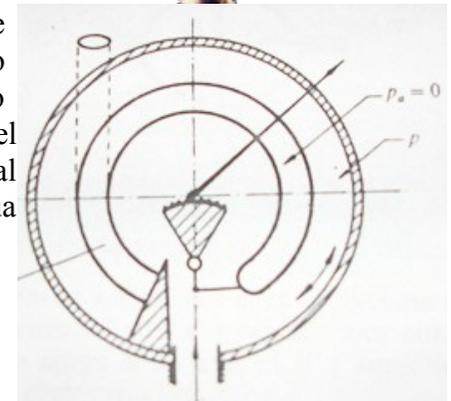


(5) Medidores de presión absoluta:

- Consisten en un conjunto de fuelle y resorte opuesto a un fuelle sellado al vacío absoluto. El movimiento resultante de la unión de los dos fuelles equivale a la presión absoluta del fluido.
- Material del fuelle: latón o acero inoxidable.
- Se utilizan para la medida exacta y el control preciso de bajas presiones.



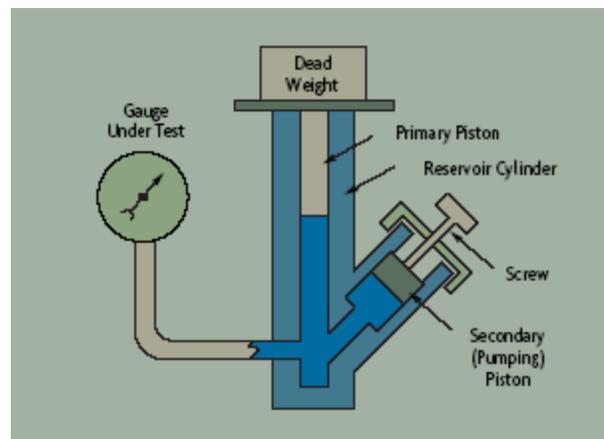
**Obs.:** en la medida de presiones de fluidos corrosivos pueden emplearse elementos primarios elásticos con materiales especiales en contacto directo con el fluido. Sin embargo, en la mayoría de los casos es más económico utilizar un fluido de sello cuando el fluido es altamente viscoso y obtura el elemento, o bien cuando la temperatura del proceso es demasiado alta.. Tal ocurre en la medición de presión del vapor de agua en que el agua condensada aísla el tubo Bourdon de la alta temperatura del vapor.



**Resumen:**

	<i>Campo de medida</i>	<i>Precisión en % de toda la escala</i>	<i>Temperatura máxima de servicio</i>	<i>Presión estática máxima</i>	
Barómetro cubeta	0,1-3 m cda	0,5-1 %	Ambiente	6 bar	
Tubo en U	0,2-1,2 m cda	0,5-1 %	↓ 90° C	10 bar	
Tubo inclinado	0,01-1,2 m cda	↓		↓	100-600 bar
Toro pendular	0,5-10 m cda			↓	Atmosférica
Manómetro campana	0,005-1 m cda			↓	6000 bar
Tubo Bourdon	0,5-6000 bar	↓		↓	2500 bar
Espiral	0,5-2500 bar		5000 bar		
Helicoidal	0,5-5000 bar	↓	↓	2 bar	
Diafragma	50 mm cda-2 bar			↓	Atmosférica
Fuelle	100 mm cda-2 bar			↓	600 bar
Presión absoluta	6-760 mm Hg abs	1 %	Ambiente		
Sello volumétrico	3-600 bar	0,5-1 %	400° C		

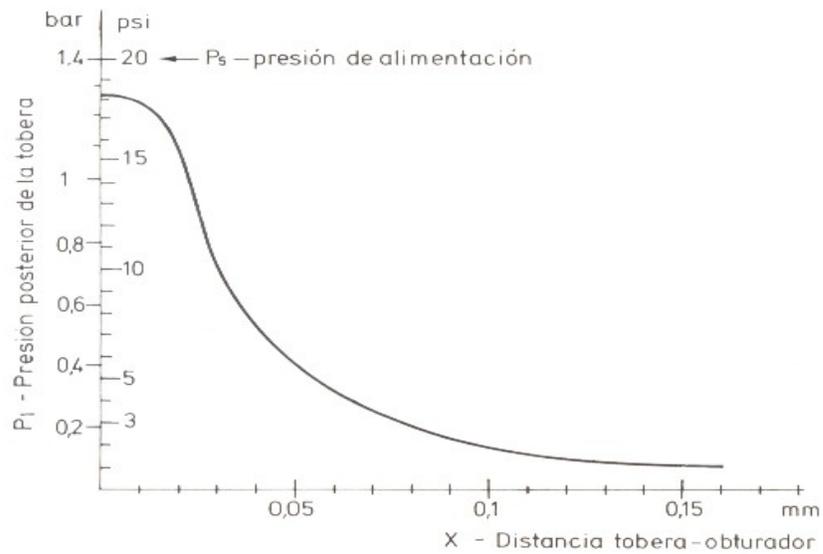
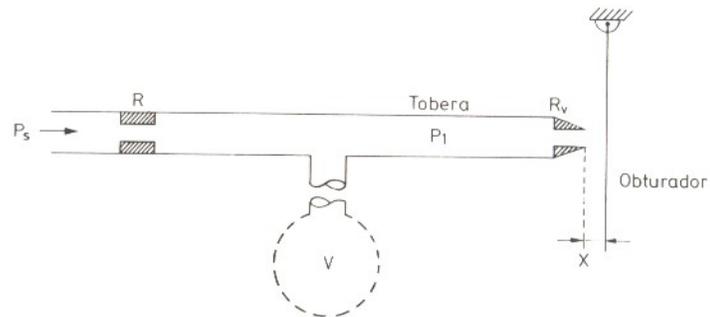
**Calibración de los instrumentos mecánicos**



## ● Neumáticos -

- Son los transmisores neumáticos.

### Sistema Paleta – Tobera



Curva de respuesta de un sistema tobera-obturador.

- **Electromecánicos -**

- Elemento mecánico elástico + transductor eléctrico
- El elemento mecánico, consiste en un tubo Bourdon, espiral, hélice, diafragma, fuelle o una combinación de los mismos.

### **1. Resistivos:**

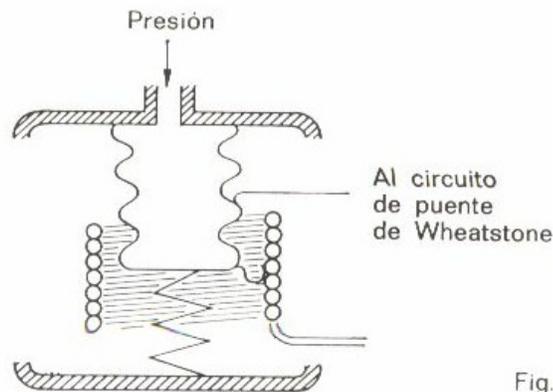
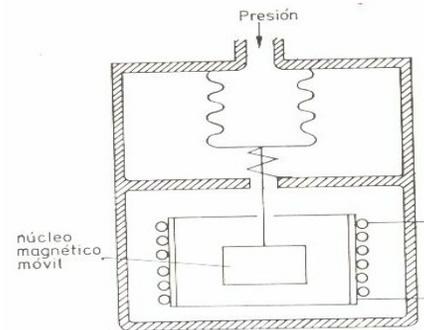


Fig.

- Consisten en un elemento elástico que varía la resistencia óhmica de un potenciómetro en función de la presión. Este está conectado a un puente de Wheatstone.
- Los transductores resistivos son simples y su señal de salida es bastante potente como para proporcionar una corriente de salida suficiente para el funcionamiento de los instrumentos de indicación sin necesidad de amplificación.
- Son sensibles a la vibración.
- La señal de salida no es continua, (salta de una espira a otra).
- El intervalo de medida de estos sensores/transmisores corresponden al elemento de presión que utilizan (tubo Bourdon, fuelle...) y varía en general de 0 a 300 Kg/cm<sup>2</sup>. La precisión es del orden de 1-2%.

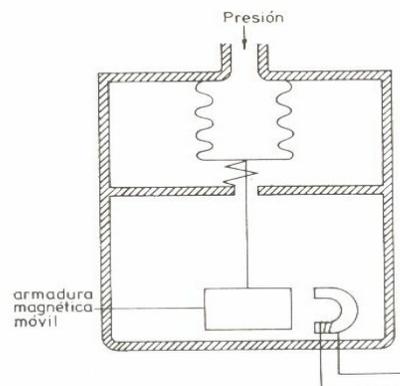
## **2. Magnéticos:**

### **2.1 – De inductancia variable.**



- El desplazamiento de un núcleo móvil dentro de una bobina aumenta la inductancia de ésta en forma casi proporcional a la porción metálica del núcleo contenida dentro de la bobina. Esto hace aumentar la tensión inducida en el bobinado.
- No producen rozamiento en la medición.
- Tienen una respuesta lineal.
- Son pequeños y de construcción robusta.
- Su precisión es del orden del 1%.

### **2.2 – De reluctancia variable.**



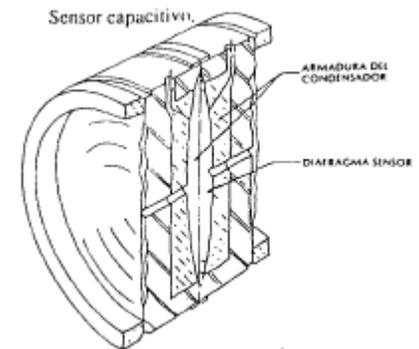
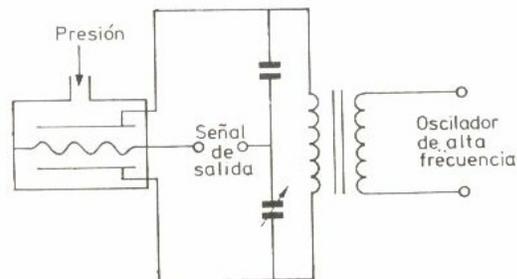
- Consisten en un imán permanente o un electroimán que crea un campo magnético dentro del cual se mueve una armadura de material magnético.
- El circuito magnético se alimenta con una fuerza magnetomotriz cte. con lo cual al cambiar la posición de la armadura varía la reluctancia y por lo tanto el flujo magnético. Esta variación del

flujo da lugar a una corriente inducida en la bobina que es, por tanto, proporcional al grado de desplazamiento de la armadura móvil.

- Alta sensibilidad a las vibraciones.
- Sensibles a la temperatura.

### **2.3 Capacitivos:**

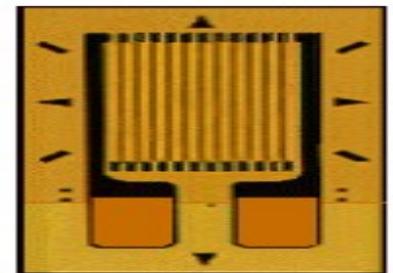
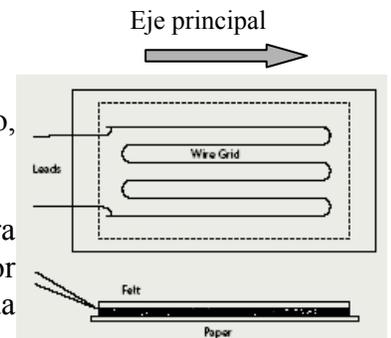
- Se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión.



- Consiste en dos condensadores con uno de capacidad fija (referencia) y el otro de capacidad variable, la cual da la medida.
- Pequeño tamaño.
- Construcción robusta.
- Adecuados para medidas estáticas como dinámicas.
- Señal de salida débil, por lo cual requieren de amplificación en su salida.
- Sensibles a la variación de temperatura.
- Su intervalo de medida es relativamente amplio, entre 0,5 - 600 bar y su precisión es del orden de 0,2 a 0,5%.

## 2.4 *Strain-gage:*

- Una galga extensométrica o strain.gage consiste de un alambre muy fino, o más comúnmente un papel metálico arreglado en forma de rejilla.
- La rejilla se encuentra pegada a un apoyo delgado, el cual se encuentra unido a la superficie del objeto sometido a tensión, fuerza o presión. Por lo tanto la tensión experimentada por el objeto es transmitida directamente a la galga extensométrica, la cual responde con cambio lineal en su resistencia eléctrica.



El parámetro que define la sensibilidad de una galga se conoce como factor de galga GF, y es definido como el cociente entre el cambio fraccional de la resistencia eléctrica y la deformación unitaria  $\epsilon$ .

**Nota:** El factor de galga al igual que la deformación unitaria  $\epsilon$  es adimensional.

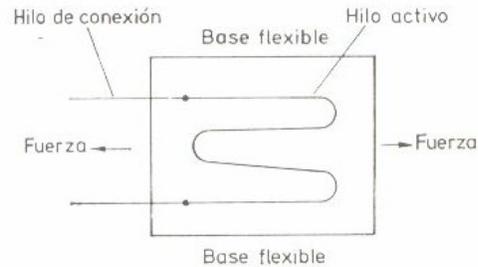
Factor de galga :

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\epsilon}$$

- GF = 2 Para la mayoría de las galgas
- $3500 \mu \epsilon$  (.35 %)  $\Rightarrow \Delta R/R = .7\%$

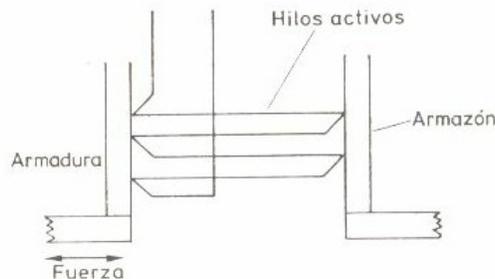
Existen 2 tipos:

- **cementadas:**



- Formadas por varios bucles de hilo muy fino que están pegados a una hoja base de cerámica, papel o plástico.

- **sin cementar:**

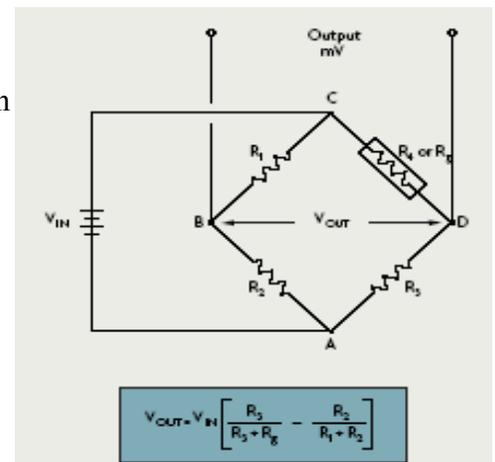


- Los hilos de resistencia descansan entre un armazón fijo y otro móvil bajo una ligera tensión inicial.

**Nota:** En ambos, la galga forma parte de un puente de Wheastone.

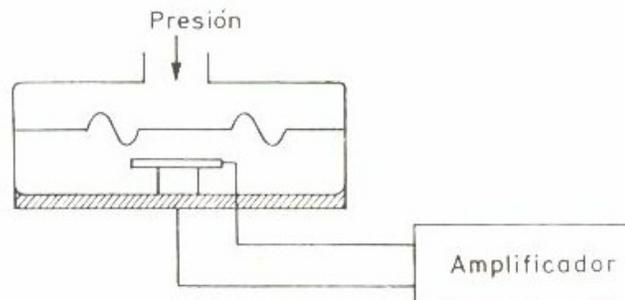
La galga es colocada en una de las ramas del puente. La resistencia en la rama inferior se selecciona de manera que sea igual a la resistencia de la galga cuando no está siendo sometida a tensión. ( $R_G = R_3$ ). Las dos resistencias restantes del puente se escogen iguales ( $R_2 = R_1$ )

- *El intervalo de medida de estos transductores varía de 0 a 10.000 bar y su precisión es del orden de 0,5%.*



## ***2.5 Transductores piezoeléctricos:***

- Se componen de elementos de estructura cristalino que al deformarse físicamente por la acción de la presión generan una señal eléctrica (aparece una polarización en el material deformado).
- El efecto es reversible, y al aplicar una diferencia de potencial entre dos de las caras de un material piezoeléctrico, aparece una deformación.
- Material de los transductores: cuarzo y titanato de bario capaces de soportar temperaturas del orden de 150° C en servicio continuo y de 230° C en servicio intermitente.



- Ligeros, de pequeño tamaño y robustos.
- Adecuados para medidas dinámicas.
- Sensibles a los cambios de temperatura.
- Señal de salida relativamente débil, por lo que precisan amplificadores y acondicionadores de señal.

## RESUMEN

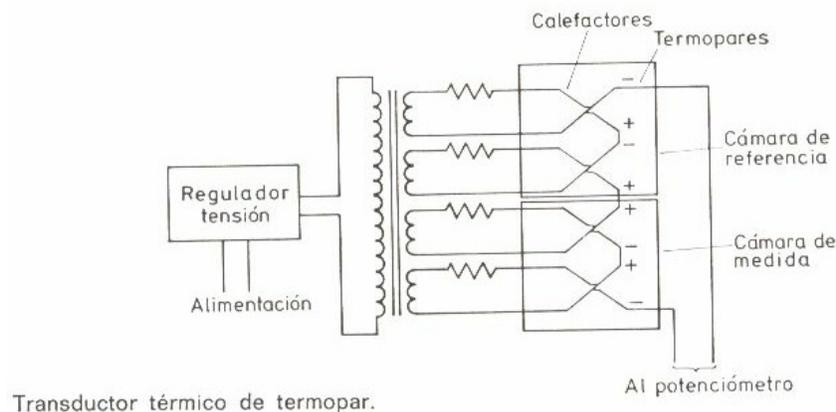
### Formas físicas:



- **Electrónicos de vacío -**

### 1. Térmicos:

#### 1.1 Térmico de termopar:

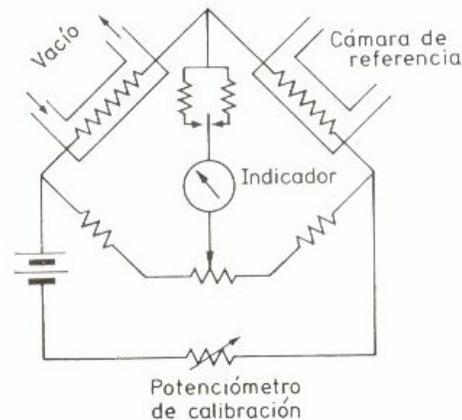


- Contiene un filamento en V que lleva incorporado un termopar. Al pasar una corriente cte. a través del filamento, su temperatura es inversamente proporcional a la presión absoluta del gas.
- La fem generada por el termopar indica la temperatura del filamento y por lo tanto señala el vacío del ambiente.
- Para compensar la temperatura ambiente se emplea una segunda unidad contenida dentro de un tubo sellado al vacío.

⇒ la señal de salida diferencial de los termopares es proporcional a la presión.

- Bajo costo.
- Larga duración y confiabilidad.
- Sensible a la composición del gas.

## 1.2 Transductor Pirani



- Utiliza un circuito de Wheastone que compara las resistencias de 2 filamentos de tungsteno uno sellado en alto vacío en un tubo y el otro en contacto con el gas medido y que por lo tanto pierde calor por conducción.
- La resistencia del filamento, es la que refleja la presión.
- Compacto y sencillo de funcionamiento.

## 1.3 Bimetálico:



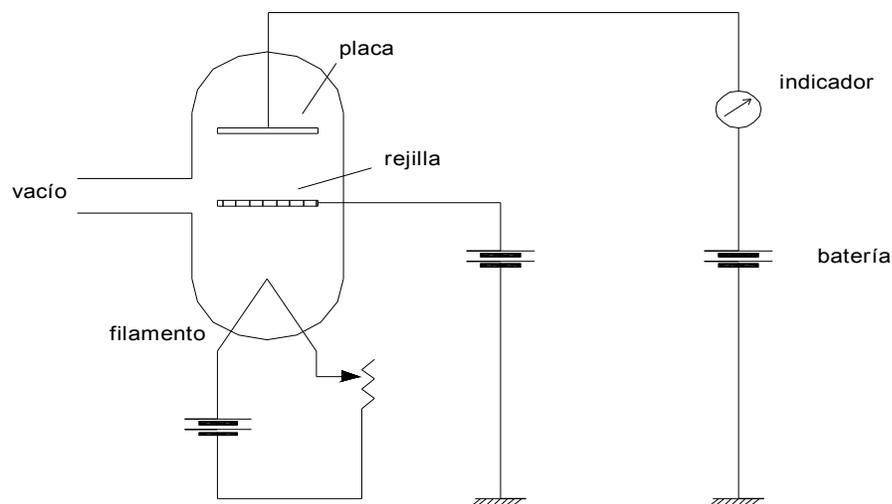
- Utiliza una espiral bimetálica calentada por una fuente de tensión estabilizada.
- Cualquier cambio en la presión, produce una deflexión de la espiral, que a su vez está acoplada a una escala.

## 2. Transductores de ionización:

- Se basan en la formación de los iones que se producen en las colisiones que existen entre las moléculas y electrones (o bien partículas alfa en el tipo de radiación).
- La velocidad de formación de estos iones, es decir la corriente iónica, varía directamente con la presión.

### 2.1 Transductor de filamento caliente:

- Consiste en un tubo electrónico con un filamento de tungsteno rodeado por una rejilla en forma de bobina, la cual a su vez está envuelta por una placa colectora.
- Los electrones emitidos por el filamento caliente se aceleran hacia la rejilla positiva, pasan a su través y en su camino hacia la placa colectora (de carga negativa), algunos colisionan con moléculas de gas.
- La corriente positiva formada es una función del  $n^{\circ}$  iones,  constituye una medida de la  $p_{\text{gas}}$



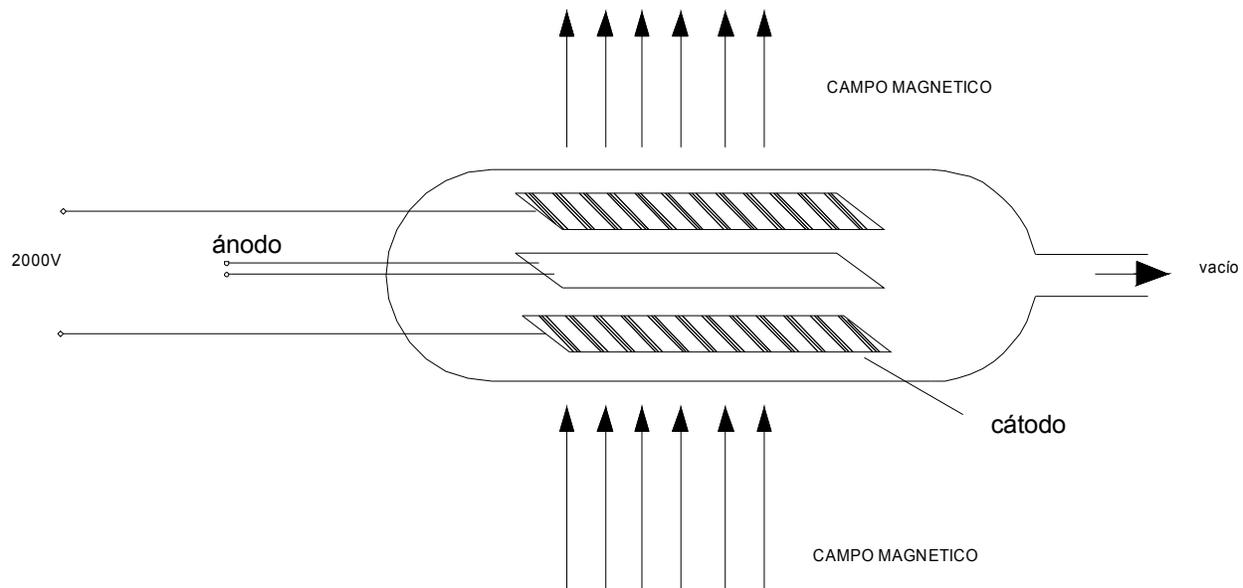
- Son instrumentos muy delicados.
- Son instrumentos muy sensibles pudiéndose medir vacíos extremadamente altos.
- La señal eléctrica de salida es lineal con la  $p_{\text{gas}}$ .
- Rango de medidas de  $10^{-3}$  a  $10^{-11}$  mm Hg.

## ***2.2 Transductor de cátodo frío:***

Se basa en el principio de la medida de una corriente iónica producida por una descarga iónica producida por una descarga de alta tensión.

Los electrones desprendidos del cátodo toman un movimiento en espiral al irse moviendo a través de un campo magnético en su camino hacia el ánodo. El movimiento en espiral da lugar a que el camino libre medio entre los  $e^-$  sea mayor que la distancia entre electrodos.

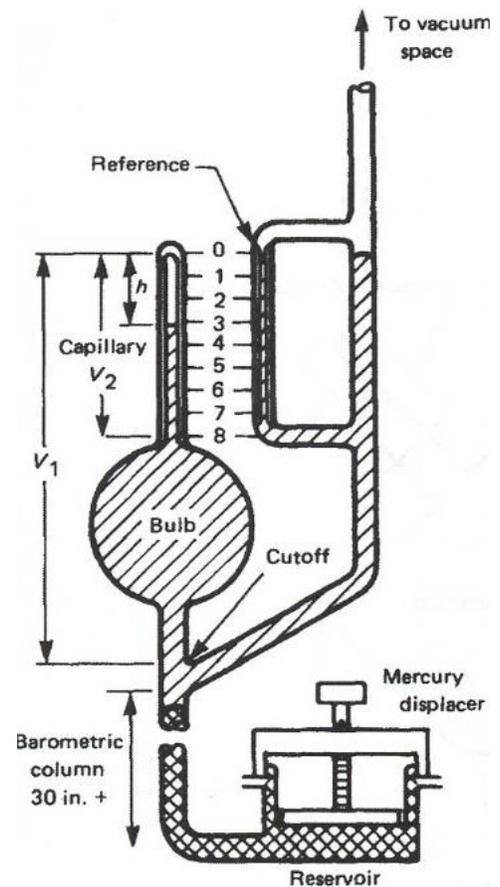
➡ Aumenta la posibilidad de colisiones con las moléculas del gas presente, lo que da lugar a una mayor corriente iónica y de este modo la descarga catódica se mantiene a una presión más baja, o sea a un vacío más alto.



- Es más robusto que el transductor de filamento caliente.
- No presenta el problema de la combustión del filamento.
- Es susceptible de contaminación por el mercurio y puede provocar la descomposición química de vapores orgánicos a altas tensiones.
- Campo de aplicación: de  $10^{-2}$  a  $10^{-7}$  mm Hg (con una escala logarítmica).

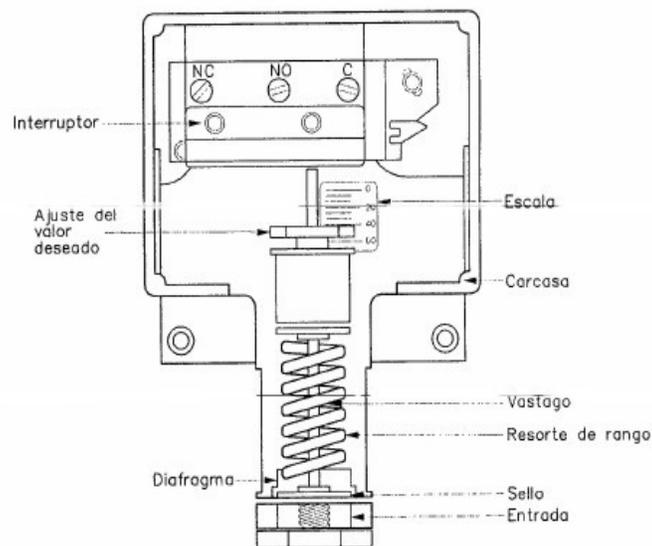
## Manómetro de McLeod:

- Instrumento utilizado para medir bajas presiones. También se llama vacuómetro de McLeod.
- Se recoge un volumen conocido del gas cuya presión se ha de medir y se eleva en el nivel de fluido (normalmente mercurio) por medio de un embolo, por una elevación del deposito, con una pera de goma o inclinando el aparato.
- Al elevar mas el nivel del mercurio el gas se comprime en el tubo capilar. De acuerdo con la Ley de Boyle, el gas comprimido ejerce ahora una presión suficiente para soportar una columna de mercurio lo bastante alta como para que pueda ser leída.
- Las lecturas son casi por completo independientes de la composición del gas.
- Es muy usado como patrón absoluto de presiones en la zona de 0.0001-10mm de Hg; a menudo se emplea para calibrar otros manómetros de bajas presiones que tienen un uso más practico.
- Este manómetro tiene como inconvenientes que las lecturas son discontinuas, que necesita cierta manipulación para hacer cada lectura y que esta lectura es visual.
- El vapor de mercurio puede ocasionar trastornos al difundirse en el vacío que se va a medir.



## Presostato - Vacuostato

- Estos aparatos permiten regular o controlar una presión o depresión en los circuitos neumáticos o hidráulicos.
- Cuando la presión o la depresión alcanza el valor de reglaje, cambia el estado del contacto NO/NC de ruptura brusca.
- Los presostatos se utilizan frecuentemente para:
  - controlar la puesta en marcha de grupos compresores en función de la presión del depósito,
  - asegurarse de la circulación de un fluido lubricante o refrigerador,
  - limitar la presión de ciertas máquinas-herramienta provistas de cilindros hidráulicos,
  - detener el funcionamiento de una máquina en caso de baja presión.



### Los principales criterios de selección son los siguientes:

- tipo de funcionamiento, vigilancia de un umbral o regulación entre dos umbrales,
- naturaleza de los fluidos (aceites hidráulicos, agua, aire...),
- valor de la presión que se controla,
- entorno,
- tipo de circuito eléctrico, circuito de control (el caso más frecuente), circuito de potencia (presostato de potencia).

## **PARAMETROS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCION DE UN TRANSDUCTOR DE PRESION EN GENERAL.**

- Requerimientos en cuanto a la presión de trabajo:
  - Rango de presiones a la cual va a trabajar el proceso.
  - Presión de prueba del sensor.
  - Presión de rotura.
- Temperatura de trabajo
- Compatibilidad química con el fluido de trabajo.
- Tipo de sensor.
- Tipo de salida (analógica, digital, etc.)
- Método de conexión al proceso (bridas, conexión roscada, etc.)
- Método de interconexión eléctrica (soldadura, conectores especiales, etc.)

En general se debe especificar al proveedor el medio en el cual va a trabajar.

## TABLA DE CONVERSIONES:

Para obtener ↓ Multiplicar por. →	atm	psi	bar	kPa	in H <sub>2</sub> O (39,2°F)	ft H <sub>2</sub> O (39,2°F)	mm H <sub>2</sub> O (4°C)	m H <sub>2</sub> O (4°C)	in Hg (32 °F)	torr (mmHg) (0°C)	kg/cm <sup>2</sup>	in H <sub>2</sub> O (60 °F)
atm	1	14.696	1.0132	101.32	406.79	33.898	10333	10.333	29.921	760.00	1.0333	407.19
psi	0.068046	1	0.068948	6.8948	27.680	2.3067	703.07	0.70307	2.0360	51.715	0.070307	27.707
bar	0.98692	14.504	1	100.00	401.46	33.455	10197	10.197	29.530	750.06	1.0197	401.86
kPa	0.0098692	0.14504	0.010000	1	4.0146	0.33455	101.97	0.10197	0.29530	7.5006	0.010197	4.0186
in H <sub>2</sub> O (39,2 °F)	0.0024583	0.036127	0.0024909	0.24909	1	0.083333	25.400	0.025400	0.073556	1.8683	0.002540	1.0010
ft H <sub>2</sub> O (39,2°F)	0.029500	0.43353	0.029891	2.9891	12.000	1	304.80	0.30480	0.88267	22.420	0.030480	12.012
mm H <sub>2</sub> O (4°C)	0.000096784	0.0014223	0.000098066	0.0098066	0.039370	0.0032808	1	0.0010000	0.0028959	0.073556	0.00010000	0.039410
m H <sub>2</sub> O (4°C)	0.096784	1.4223	0.098066	9.8066	39.370	3.2808	1000.0	1	2.8959	73.556	0.10000	39.410
in Hg (32 °F)	0.033421	0.49115	0.033864	3.3864	13.595	1.1329	345.32	0.34532	1	25.400	0.034532	13.609
torr (mmHg) (0°C)	0.0013158	0.019337	0.0013332	0.13332	0.53524	0.044603	13.595	0.013595	0.03937	1	0.0013595	0.53577
kg/cm <sup>2</sup>	0.96784	14.223	0.98066	98.066	393.70	32.808	10000	10.000	28.959	735.56	1	394.09
in H <sub>2</sub> O (60 °F)	0.0024559	0.036092	0.0024884	0.24884	0.99900	0.08325	25.375	0.025375	0.073482	1.8665	0.025375	1