

# Sensores generadores

## ■ SENSORES GENERADORES

### • Definición:

Sensores generadores son aquellos que generan una señal eléctrica a partir de la magnitud que miden, sin necesidad de una alimentación eléctrica.

### • Tipos:

- Sensores termoeléctricos: termopares
- Sensores piezoeléctricos
- Sensores piroeléctricos
- Sensores fotovoltaicos
- Sensores electroquímicos

# Sensores generadores

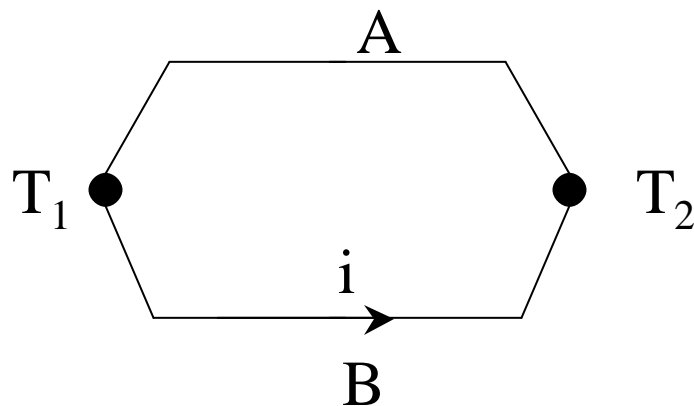
---

## ■ SENSORES GENERADORES

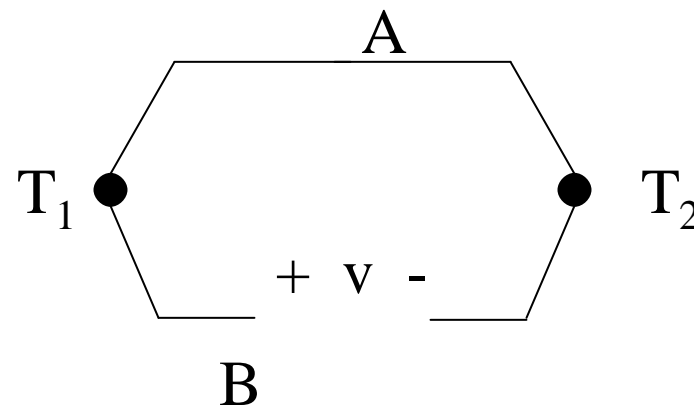
- Tipos:
  - Sensores termoeléctricos: termopares
  - Sensores piezoeléctricos
  - Sensores piroeléctricos
  - Sensores fotovoltaicos
  - Sensores electroquímicos

# Sensores termoelectricos: Termopares

- Están basados en el efecto Seebeck,  
(suma de los efectos Peltier y Thompson):
  - En un circuito con dos metales distintos homogéneos, A y B, cuyas uniones están a diferentes temperaturas, aparece una corriente eléctrica (o se produce una fem)



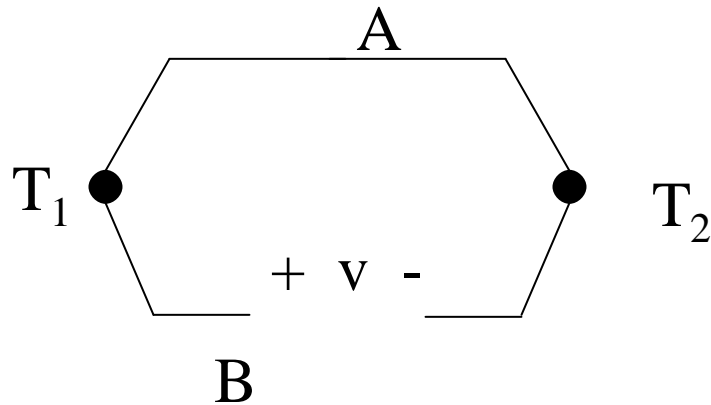
Circuito cerrado ® corriente



Circuito abierto ® tensión

# Sensores termoelectricos: Termopares

- Al conjunto de estos dos metales distintos con una unión firme en un punto o una zona se le denomina **termopar**



$$v = \alpha \cdot (T_1 - T_2)$$

$\alpha$  = coeficiente de Seebeck

$\alpha$  es no cte y no lineal, se utilizan tablas

- Una de las dos temperaturas se debe tomar como referencia:

$$v = \alpha \cdot (T_1 - T_{\text{ref}})$$

# Sensores termoelectrónicos: Termopares

## ■ Ventajas del uso de termopares:

- Rango de temperaturas grande:  $-270^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow 3000^{\circ}\text{C}$
- Para bajas temperaturas tienen mayor exactitud que las Pt100
- No necesitan alimentación
- Estabilidad a largo plazo aceptable y fiabilidad elevada

## ■ Limitaciones en el uso de termopares:

- La temperatura máxima que alcance el termopar debe ser inferior a su temperatura de fusión
- El medio donde se va a medir no ataca a los metales de la unión
- La corriente por el termopar debe ser muy pequeña para despreciar el efecto Joule
- Hay que mantener la temperatura de referencia fija



# Sensores termoelectrónicos: Termopares

## ■ Tipos de termopares

<i>Designación ANSI</i>	<i>Composición</i>	<i>Margen habitual</i>	<i>mV/margen</i>
B	Pt (6%)/Rodio-Pt (30%)/Rodio	38 a 1800°C	13,6
C	W (5%)/Renio-W (26%)/Renio	0 a 2300°C	37,0
E	Cromel-Constantan	0 a 982°C	75,0
J	Hierro-Constantan	0 a 760°C	42,9
K	Cromel-Alumel	- 184 a 1260°C	56,0
N	Nicrosil (Ni-Cr-Si) – Nisil (Ni-Si-Mg)	- 270 a 1300°C	51,8
R	Pt (13%)/Rodio-Pt	0 a 1593°C	18,7
S	Pt (10%)/Rodio-Pt	0 a 1538°C	16,0
T	Cobre-Constantan	- 184 a 400°C	26,0



# Sensores termoelectrónicos: Termopares

## ■ Tabla de tensiones vs. Temperatura

Para un termopar tipo J entre 0°C y 110°C.

La unión de referencia se supone a 0°C.

Las tensiones en mV.

Grados	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,000	0,050	0,101	0,151	0,202	0,253	0,303	0,354	0,405	0,456	0,507
10	0,507	0,558	0,609	0,660	0,711	0,762	0,813	0,865	0,916	0,967	1,019
20	1,019	1,070	1,122	1,174	1,225	1,277	1,329	1,381	1,432	1,484	1,536
30	1,536	1,588	1,640	1,693	1,745	1,797	1,849	1,901	1,954	2,006	2,058
40	2,058	2,111	2,163	2,216	2,268	2,321	2,374	2,426	2,479	2,532	2,585
50	2,585	2,638	2,691	2,743	2,796	2,849	2,902	2,956	3,009	3,062	3,115
60	3,115	3,168	3,221	3,275	3,328	3,381	3,435	3,488	3,542	3,595	3,649
70	3,649	3,702	3,756	3,809	3,863	3,917	3,971	4,024	4,078	4,132	4,186
80	4,186	4,239	4,293	4,347	4,401	4,455	4,509	4,563	4,617	4,671	4,725
90	4,725	4,780	4,834	4,888	4,942	4,996	5,050	5,105	5,159	5,213	5,268
100	5,268	5,322	5,376	5,431	5,485	5,540	5,594	5,649	5,703	5,758	5,812

# Sensores termoelectrónicos: Termopares

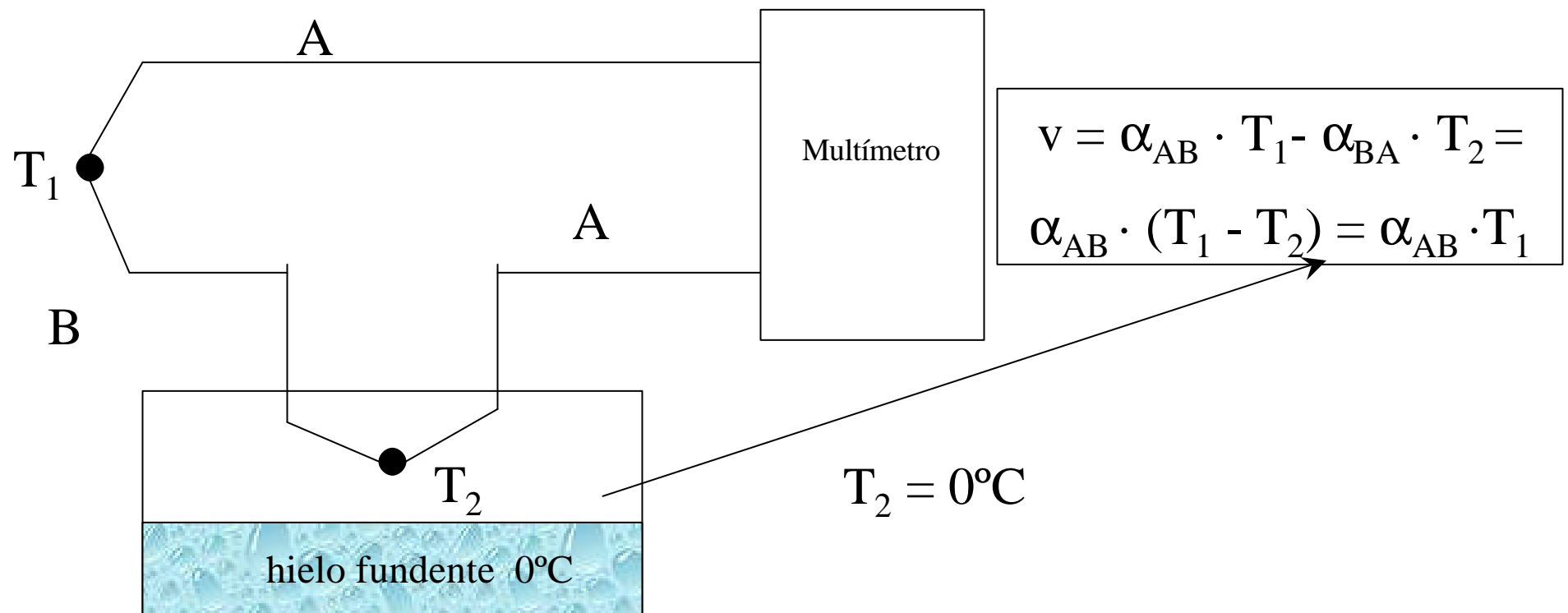
---

- **Ejemplo:**
  - Un circuito constituido por un termopar tipo J tiene una unión a  $0^{\circ}\text{C}$  y otra a  $45^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es la fem en un circuito abierto?
- **Ejemplo:**
  - Si en un termopar tipo J con una unión a  $0^{\circ}\text{C}$ , se obtiene, en circuito abierto un tensión de  $5\text{mV}$ , ¿Cuál es la temperatura de la otra unión?



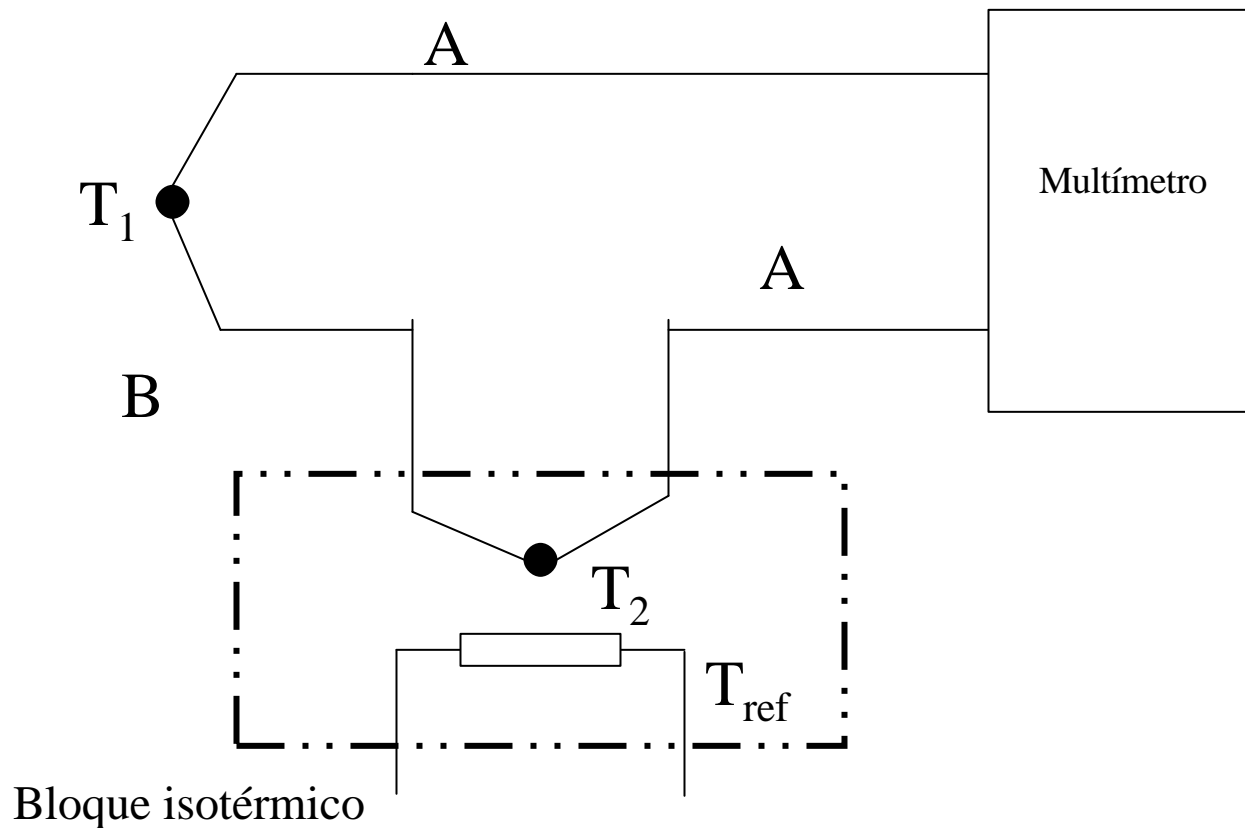
# Sensores termoelectrónicos: Termopares

- Ejemplos de configuraciones de medida de temperatura con termopar: Unión de referencia en hielo fundente



# Sensores termoelectrónicos: Termopares

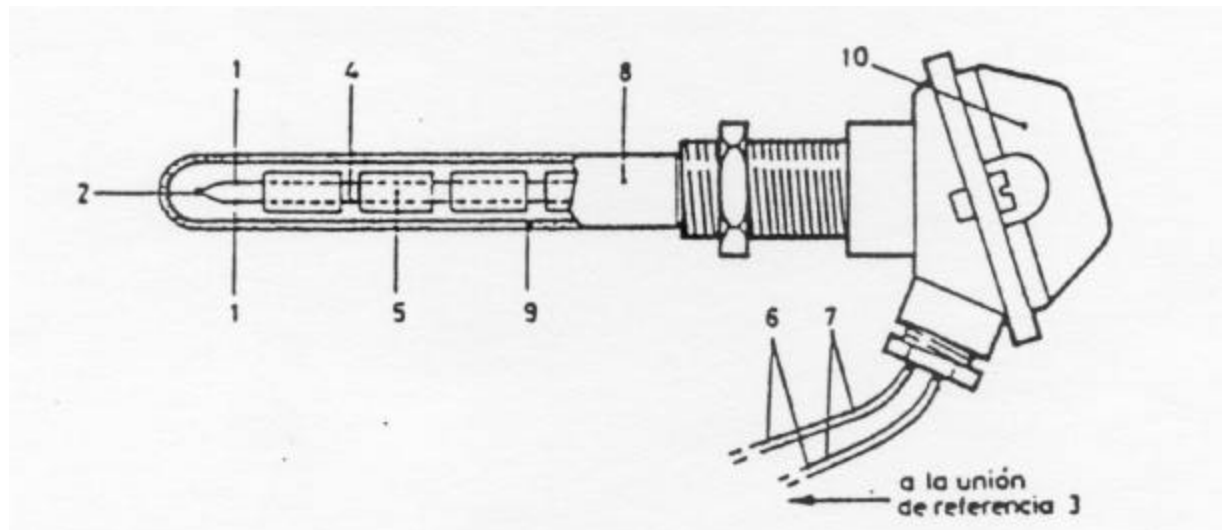
- Ejemplos de configuraciones de medida de temperatura con termopar: Compensación electrónica de la unión de referencia.



Dejar que la unión de referencia sufra las variaciones de temperatura ambiente, pero éstas se detectan con otro sensor de  $T$  (p.ej. un termistor)

# Sensores termoelectrónicos: Termopares

## Termopar industrial con vaina



1. Conductores (diferentes)
2. Unión de medida
3. Unión de referencia
4. Hilos de termopar sin aislar
5. Hilos de termopar aislados
6. Cables de extensión iguales a los del termopar:

7. Cables de compensación, diferentes de los del termopar pero con f.t.e.m. pequeña
8. Caña pirométrica
9. Protector (cubierta externa)
10. Cabeza de la caña

# Sensores generadores

---

## ■ SENSORES GENERADORES

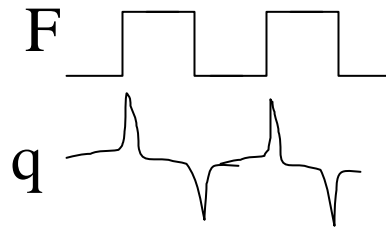
### • Tipos:

- Sensores termoeléctricos: termopares
- Sensores piezoeléctricos
- Sensores piroeléctricos
- Sensores fotovoltaicos
- Sensores electroquímicos

# Sensores Piezoeléctricos

## ■ Efecto piezoeléctrico:

- Consiste en la aparición de una polarización eléctrica en un material al deformarse bajo la acción de un esfuerzo.
- Es un efecto reversible: al aplicar una ddp entre 2 caras de un material piezoeléctrico, aparece una deformación

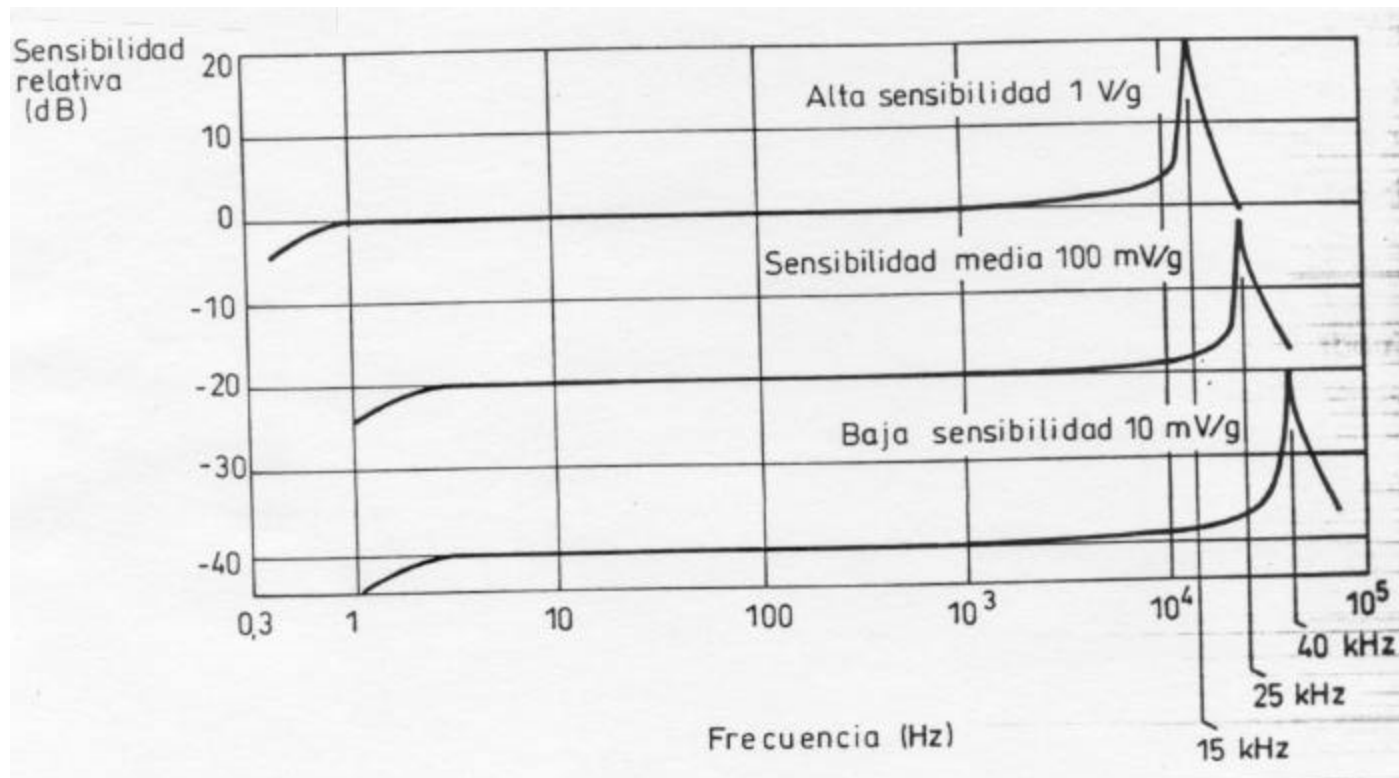


Aparece una carga proporcional a la fuerza que se les aplica.

La carga que aparece no se mantiene, surge como respuesta a una aceleración.

# Sensores Piezoeléctricos

- Sensibilidad de un material piezoeléctrico:



# Sensores Piezoeléctricos

---

- **Aplicaciones de los sensores piezoeléctricos:**
  - Detección de magnitudes mecánicas:
    - Presión
    - Aceleración
  - En biomedicina: Sensor de esfuerzos respiratorios, cardiovasculares

# Sensores generadores

---

## ■ SENSORES GENERADORES

### • Tipos:

- Sensores termoeléctricos: termopares
- Sensores piezoeléctricos
- Sensores piroeléctricos
- Sensores fotovoltaicos
- Sensores electroquímicos



# Sensores Piroeléctricos

## ■ Efecto piroeléctrico:

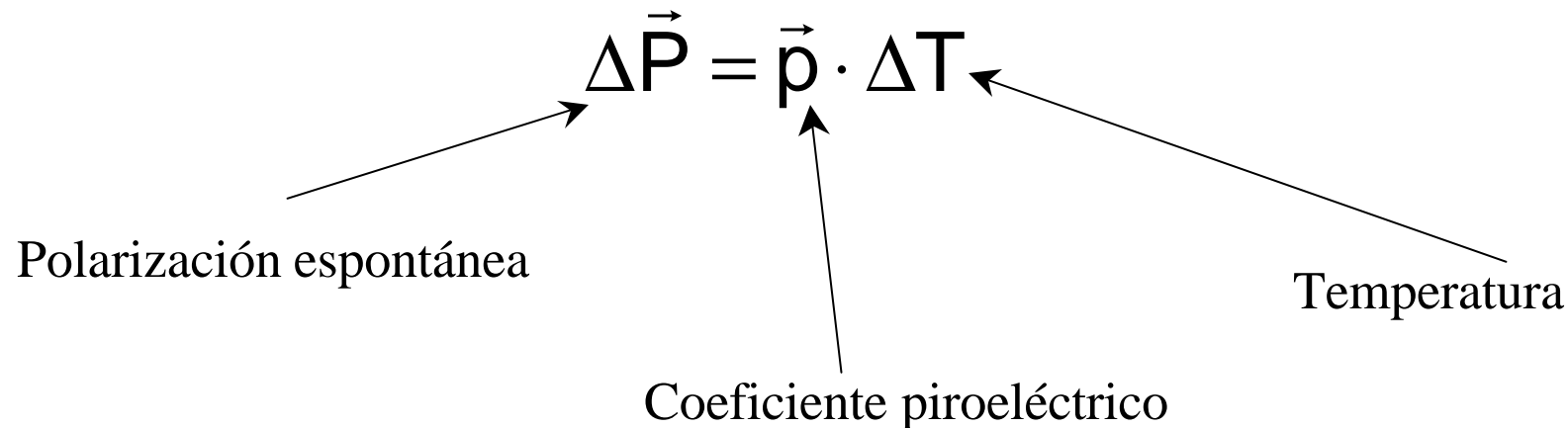
- Análogo al piezoelectrico, pero en lugar de la aparición de cargas eléctricas cuando se deforma el material, aquí se trata de la aparición de cargas superficiales en una dirección determinada cuando el material experimenta un cambio de temperatura.
- Estas cargas son debidas al cambio de su polarización espontánea al variar la temperatura

$$\Delta \vec{P} = \vec{p} \cdot \Delta T$$

Polarización espontánea

Temperatura

Coeficiente piroeléctrico



# Sensores Piroeléctricos

## ■ Aplicaciones:

- Pirómetros: medida de temperatura a distancia en hornos, vidrio, o metal fundido
- Radiómetros: medida de la potencia generada por una fuente de radiación
- Analizadores de IR
- Detectores de CO<sub>2</sub> y otros gases que absorben radiación
- Detección de la IR emitida por el cuerpo humano (para detección de intrusos, sistemas de encendido automático de iluminación, apertura de puertas,...)

# Sensores generadores

---

## ■ SENSORES GENERADORES

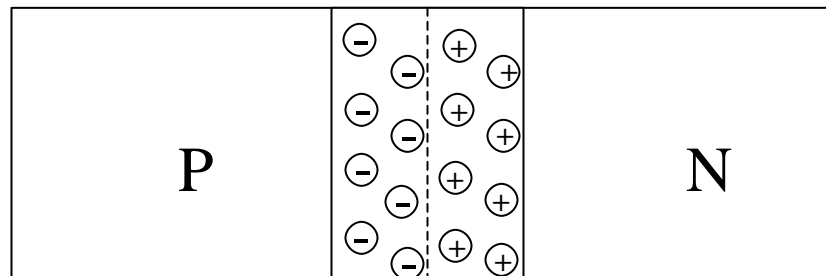
- Tipos:

- Sensores termoeléctricos: termopares
- Sensores piezoeléctricos
- Sensores piroeléctricos
- Sensores fotovoltaicos
- Sensores electroquímicos

# Sensores Fotovoltaicos

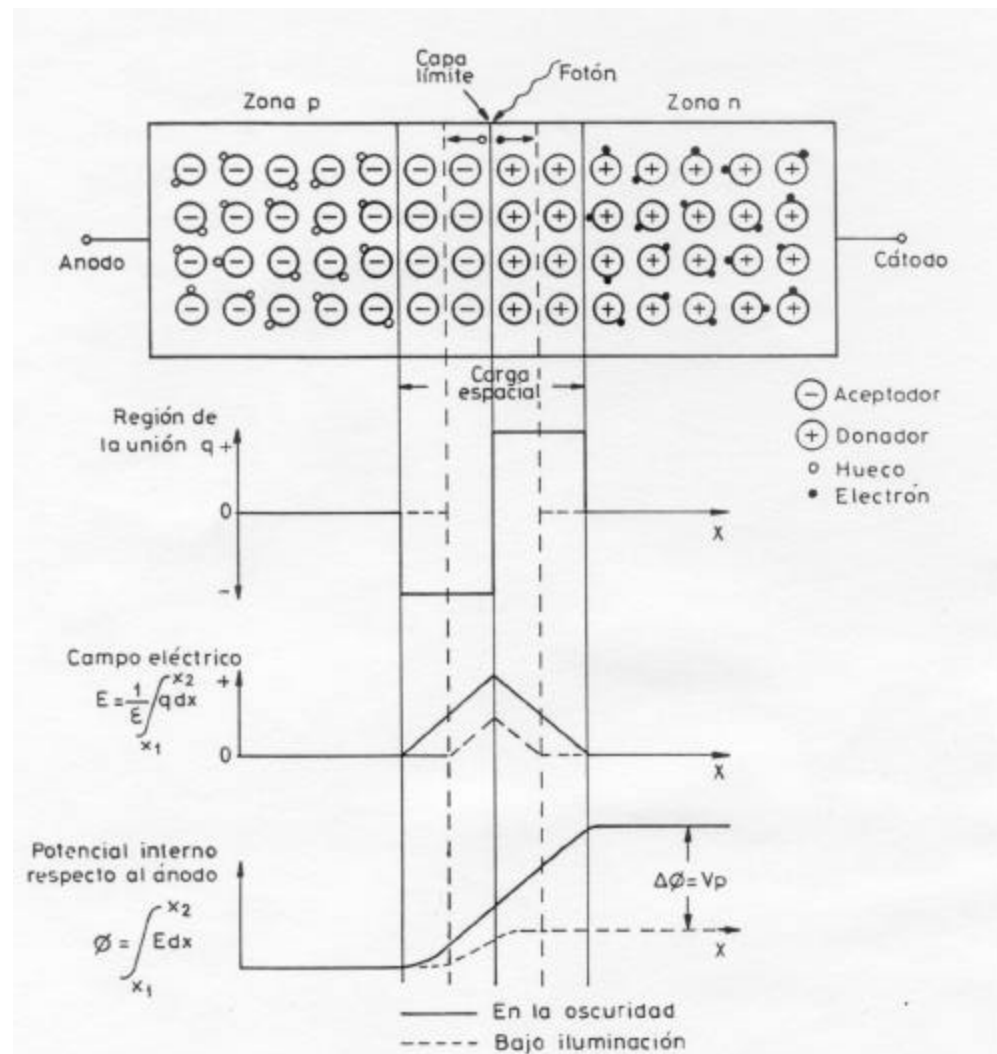
## ■ Efecto fotovoltaico:

- El efecto fotoeléctrico interno visto para los fotoconductores cuando se produce en la zona de una unión p-n permite obtener una tensión eléctrica que es función de la intensidad de la radiación incidente
- A la generación de un potencial cuando una radiación ioniza una zona donde hay una barrera de potencial se la denomina **efecto fotovoltaico**



# Sensores Fotovoltaicos

- Efecto fotoeléctrico o fotovoltaico en una unión p-n:



# Sensores Fotovoltaicos

---

- Tipos de células solares (Si):
  - monocristalinas
  - policristalinas
  - película fina

# Sensores generadores

---

## ■ SENSORES GENERADORES

- Tipos:

- Sensores termoeléctricos: termopares
- Sensores piezoeléctricos
- Sensores piroeléctricos
- Sensores fotovoltaicos
- Sensores electroquímicos

# Sensores Electroquímicos

## ■ Fundamento:

- Los sensores electroquímicos potenciométricos generan una señal eléctrica (una ddp) en respuesta al cambio de concentración de una determinada especie química en una muestra
- Los sensores electroquímicos potenciométricos de ion (ISE, Ion Selective Electrodes) se basan en la aparición de una ddp en la interfase entre 2 fases con concentraciones distintas. (fundamento de las pilas voltaicas)



# Sensores Electroquímicos

- Cuando sólo hay una especie iónica cuya concentración cambia de una a otra fase, o si, a pesar de haber más de una, una membrana selectiva sólo deja pasar un ión específico, la tendencia de dicho ión a difundirse de la zona con más concentración a la de menor concentración viene contrarrestada por la aparición de un potencial eléctrico debido a la carga del ión.

eléctrica

En el equilibrio entre ambas fuerzas (difusión y potencial eléctrico), la ddp viene dada por la ecuación de Nernst:

$$E = \frac{RT}{zF} \ln \left( \frac{a_{i,1}}{a_{i,2}} \right)$$

R = cte de los gases

T = temp en K

z= valencia del ion

F = 1 Faraday (96500C)

$a_i$  = actividad del ión i

# Sensores Electroquímicos

- Disposición de medida empleando un electrodo de ión específico:

