

**Sensores y Actuadores**

**TRABAJO PRÁCTICO N° 3**

**Grupo Nro 1**

**Alumno: Pedro Omar Rojo**



**ISPC**  
INSTITUTO SUPERIOR  
POLITÉCNICO CORDOBA

**Tecnicatura Superior en  
Telecomunicaciones**

## Prácticas de Sensores

### *La modalidad será la siguiente:*

Cada practica se desarrollará en forma grupal, debiendo subir el desarrollo de la misma al repositorio establecido por grupo. Los ejercicios serán realizados de forma que a cada integrante le corresponda 1 o más tareas (issues); por lo que deberán crear el proyecto correspondiente, con la documentación asociada si hiciera falta, y asignar los issues por integrante. De esta forma quedara documentada la colaboración de cada alumno.

### Ejercicio #1

- a) ¿Qué es un sensor generador?
- b) ¿Cuáles son los tipos de sensores generadores?

Respuestas:

Ejercicio 1:

- a) ¿Qué es un sensor generador?

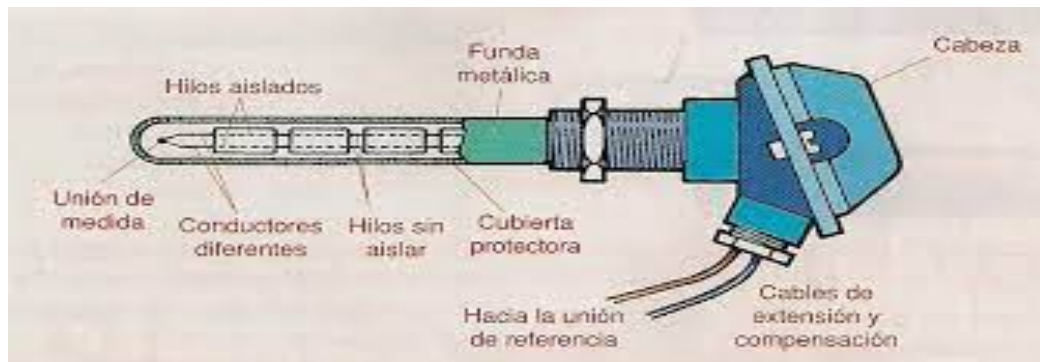
Se consideran sensores generadores aquellos que generan una señal eléctrica, a partir de la magnitud que miden, sin necesidad de una alimentación. Ofrecen una alternativa para medir muchas de las magnitudes ordinarias, sobre todo temperatura, fuerza y magnitudes afines. Pero, además, dado que se basan en efectos reversibles, están relacionados con diversos tipos de accionadores o aplicaciones inversas en general. Es decir, se pueden emplear para la generación de acciones no eléctricas a partir de señales eléctricas.

- b) ¿Cuáles son los tipos de sensores generadores?

#### \* Sensores termoelectrónicos:

Los sensores termoelectrónicos se basan en dos efectos que, a diferencia del efecto Joule, son reversibles. Se trata del efecto peltier y del efecto Thompson. Históricamente fue primero Thomas J. Seebeck quién descubrió, en 1822, que en un circuito de dos

materiales distintos homogéneos, A y B, con dos uniones a diferente temperatura, aparece una corriente eléctrica (figura 4.1). Es decir, hay una conversión de energía térmica a energía eléctrica, o bien, si se abre el circuito, una fuerza termoelectromotriz (f.t.e.m.) que depende de los metales y de la diferencia de temperaturas de las dos uniones. Al conjunto de estos dos metales distintos con una unión firme en un punto o una zona se le denomina termopar.



#### \* Sensores piezoeléctricos:

El 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 de modo que al aplicar una diferencia de potencial eléctrico entre dos caras de un material piezoeléctrico, aparece una deformación. Ambos efectos fueron descubiertos por Jacques y Pierre Curie en 1880-81.

La piezoelectricidad no debe confundirse con la ferroelectricidad, que es la propiedad de presentar un momento eléctrico dipolar (espontáneo o inducido). Todos los materiales ferroeléctricos son piezoeléctricos, pero no al revés. Mientras la piezoelectricidad está relacionada con la estructura cristalina (iónica), el ferromagnetismo está relacionado con el espín de los electrones. La descripción de la interrelación entre las magnitudes eléctricas y las mecánicas en un material piezoeléctrico se hace mediante las denominadas ecuaciones piezoeléctricas.

Ejemplo sensor piezoeléctrico:

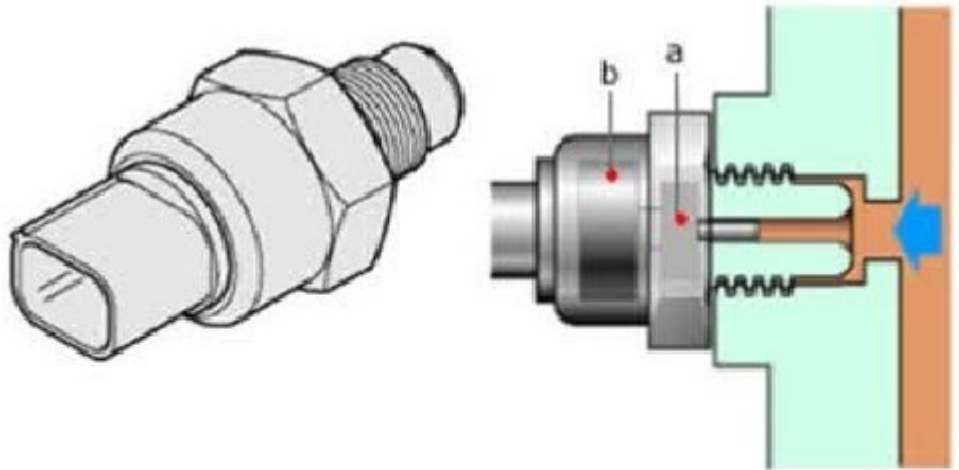


Fig 2. Estructura del sensor

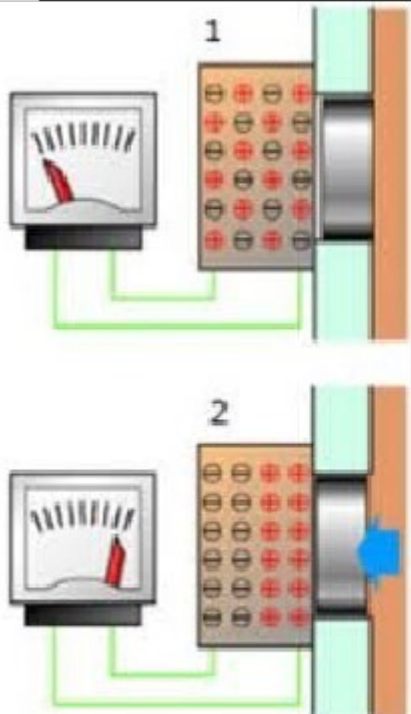


Fig 1. Funcionamiento

### \* Sensores piroeléctricos:

El efecto piroeléctrico es análogo al piezoeléctrico, pero en lugar de la aparición de cargas eléctricas cuando se deforma un 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. Recibió este nombre de D. Brewster en 1824, pero es conocido desde hace más de 2000 años. Si el cambio de temperatura,  $\Delta T$ , es uniforme en todo el material, el efecto piroeléctrico se describe mediante el coeficiente piroeléctrico,  $p$ , que es un vector, de la forma:  $\Delta P = p \cdot \Delta T$  donde  $P$  es la polarización espontánea.

Este efecto se aplica sobre todo a la detección de radiación térmica a temperatura ambiente. Para ello se disponen dos electrodos metálicos en dirección perpendicular a la de polarización, formándose un condensador que actúa como sensor térmico. Cuando el detector absorbe radiación cambia su temperatura y con ella su polarización, produciendo una carga superficial en las placas del condensador.

Ejemplo sensor piroeléctrico: Detector movimiento



### \* Sensores fotovoltaicos:

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. Al poner en contacto un semiconductor p (dopado con aceptadores) con un semiconductor n (dopado con donadores), debido al movimiento térmico hay electrones que pasan a la zona p y “huecos” que pasan a la zona n, donde se recombinan, respectivamente, con los portadores de carga de signo opuesto

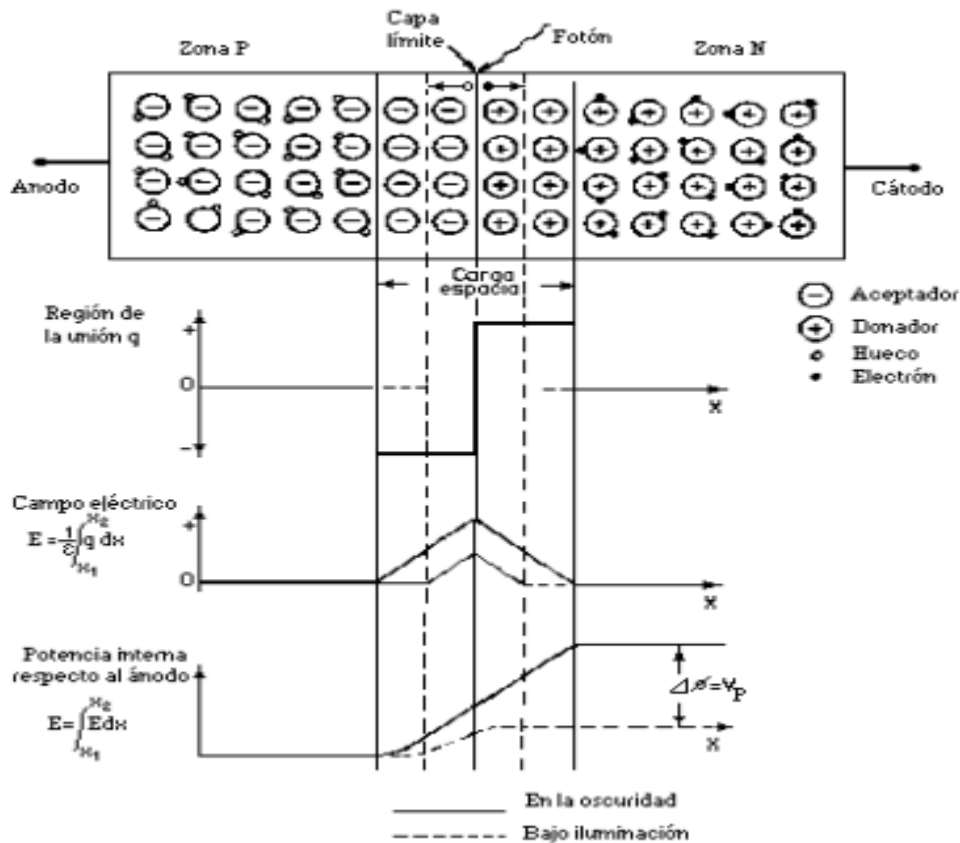


Figura 4.22 Efecto fotoeléctrico en una unión p-n.

Como resultado, en una pequeña zona a ambos lados de la superficie de contactos apenas hay portadores libres, y los iones positivos de la zona n y los negativos de la zona p, fijos en sus posiciones en la estructura cristalina, crean un intenso campo eléctrico que se opone a la difusión de más portadores a través de esta barrera de potencial. De este modo se llega a un equilibrio entre la corriente de difusión y la inducida por este campo eléctrico. Si se dispone una conexión externa con cada semiconductor, no se detecta diferencia de potencial interna en la unión queda compensada exactamente por los potenciales de contacto de las conexiones externas con el semiconductor. Si la unión p-n, en circuito abierto, se irradia con radiación (visible o no) cuya energía supere la anchura de banda prohibida, aparecen pares electrón-hueco adicionales que se desplazan bajo la acción



del campo eléctrico en la zona de la unión (figura 4.22). La llegada de electrones a la zona n y de huecos a la zona p, produce un cambio de potencial de contacto  $V_p$  que se puede medir mediante conexiones externas a una resistencia de carga. Esta tensión, en vacío, aumenta al hacerlo la intensidad de la radiación incidente hasta llegar a la saturación (su límite es la anchura de banda prohibida). Si se cortocircuitan los contactos, la corriente es proporcional a la iluminación para un amplio margen de valores de ésta.

Ejemplo de sensor fotovoltaico:



#### \* Sensores electroquímicos:

Los sensores electroquímicos potenciométricos, generan una señal eléctrica (una diferencia potencial) en respuesta al cambio de concentración de una determinada especie química en una muestra. Los sensores amperométricos se basan en la dependencia entre la corriente que circula al aplicar una diferencia de potencial entre dos electrodos y la concentración de la sustancia de interés; no son generadores, por lo que no se tratan aquí. Los sensores potenciométricos selectivos de ion (ISE, Ión Selective Electrodes), se basan en la aparición de una diferencia de potencial en la interfase entre dos fases con concentraciones distintas, que es el fundamento de las pilas voltaicas. Cuando sólo hay una especie iónica cuya concentración cambia de una a otra fase, o se, a pesar de haber más de una, una membrana selectiva sólo deja pasar un ion específico, la tendencia de dicho ion 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 eléctrica del ion. En el equilibrio entre ambas fuerzas (difusión y potencial eléctrico), la diferencia de potencial viene dada por la ecuación Nernst:

$$E = \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{i,1}}{a_{i,2}}$$

donde R es la constante de los gases, T la temperatura en kelvins, z la valencia del ion, F un faraday (94.550C), y  $a_i$  la actividad del ion y. Para un líquido, esta última se define como:

$$a_i = C_i \cdot f_i$$

donde  $C_i$  es la concentración de la especie “y”, y  $f_i$  es el coeficiente de actividad, que describe el grado en que el comportamiento de la especie “y” se aparta del comportamiento ideal, en el que se supone que cada ion es independiente de los demás.

Para aplicar este principio de medida se disponen dos electrodos, tal como se indica en la figura 4.24. Uno de los dos electrodos incorpora la membrana que es, al menos en principio, selectiva sólo para el ion de interés, y tiene en su interior una disolución con una concentración conocida de la especie iónica “y”. El otro electrodo es de referencia y a través de su membrana pueden difundir libremente todas las especies presentes en la muestra donde se va a medir. Obviamente hay varias interfases, pero con la disposición descrita sólo una de ellas genera un potencial variable: la de la membrana del ion selectivo.

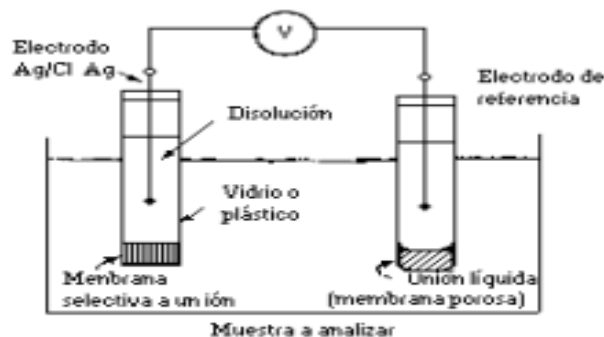


Figura 4.24 Disposición de medida empleando un electrodo de ion específico.

Los electrodos específicos para iones se emplean para el análisis de concentraciones de sustancias en una gran variedad de aplicaciones, donde muchas veces han sustituido a los fotómetros de llama. Por ejemplo, en agricultura para el análisis de suelos y



fertilizantes; en ciencias biomédicas y laboratorios clínicos para análisis de sangre y orina; en la industria química y alimentaria, y en la medida de la contaminación ambiental.

Ejemplo sensor electroquímico: sensor de gases químicos

