



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

**“LA IMPORTANCIA DE LOS TRANSDUCTORES  
EN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**ÁREA: INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA**

**PRESENTA:**

**JOSÉ MANUEL BARAJAS MARROQUÍN**

**ASESOR:**

**ING. FRANCISCO RAÚL ORTÍZ GONZÁLEZ**



**SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO, 2009.**

---

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## **A MIS PADRES**

Gracias por brindarme su amor y su apoyo, son los que me han impulsado a conseguir mis metas, y con esta tesis se cumple una de las más importantes.

## **A MIS HERMANOS**

Les agradezco sus consejos, así como todos los momentos que hemos pasado juntos, sé que puedo contar con ustedes siempre que lo necesite.

## **A LA UNAM**

Le debo mi formación profesional, me siento orgulloso pertenecer a ella y aprovecho para agradecer a los profesores por ser los guías en mis estudios.

## **A MIS AMIGOS**

Les agradezco su apoyo incondicional y espero que nuestra amistad se haga más fuerte con el paso de los años.

---

---

---

*“Dentro de un alma absolutamente libre  
de pensamientos y emociones,  
ni siquiera el tigre encuentra espacio  
para clavar sus fieras garras”.*

Un sacerdote taoísta.

---

---



# *ÍNDICE*



<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	I
---------------------------	---

## **CAPÍTULO 1: ELECTRICIDAD**

1.A.- INTRODUCCIÓN .....	1
1.B.- BREVE HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD .....	1
1.C.- ESTRUCTURA DE LA MATERIA .....	4
1.C.1.- IONES POSITIVOS Y NEGATIVOS .....	6
1.D.- LA ELECTRICIDAD .....	6
1.D.1.- LEY DE COULOMB .....	7
1.D.2.- CAMPO ELÉCTRICO .....	8
1.D.3.- DIFERENCIA DE POTENCIAL .....	10
1.D.3.a.- RELACIÓN ENTRE EL CAMPO ELÉCTRICO Y LA DIFERENCIA DE POTENCIAL .....	10
1.D.4.- CORRIENTE ELÉCTRICA .....	11
1.D.4.a.- CONDUCCIÓN DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA .....	11
1.D.4.b.- MOVIMIENTO DE LOS ELECTRONES EN UN CONDUCTOR .....	13
1.D.5.- RESISTENCIA .....	15
1.D.5.a.- CONDUCTANCIA .....	15
1.D.5.b.- CIRCUITO ELÉCTRICO .....	16
1.D.5.c.- LEY DE OHM .....	16
1.D.6.- POTENCIA ELÉCTRICA .....	17
1.D.6.a.- EFECTO JOULE .....	17
1.D.7.- FORMAS PARA GENERAR ELECTRICIDAD .....	18
1.D.7.a.- POR FRICCIÓN .....	18
1.D.7.b.- POR REACCIÓN QUÍMICA .....	19
1.D.7.c.- POR PRESIÓN .....	20
1.D.7.d.- POR CALOR .....	21
1.D.7.e.- POR LUZ .....	22
1.D.7.f.- POR MAGNETISMO .....	23
1.D.8.- EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA .....	25
1.D.8.a.- EFECTO TÉRMICO .....	25
1.D.8.b.- EFECTO LUMINOSO .....	26
1.D.8.c.- EFECTO QUÍMICO .....	27
1.D.8.d.- EFECTO MAGNÉTICO .....	28
1.D.8.e.- EFECTO FISIOLÓGICO .....	30

## **CAPÍTULO 2: ELECTRÓNICA**

2.A.- INTRODUCCIÓN .....	32
2.B.- BREVE HISTORIA DE LA ELECTRÓNICA .....	32
2.C.- ELECTRÓNICA .....	33
2.C.1.- RESISTORES .....	34
2.C.2.- CAPACITORES .....	36
2.C.3.- BOBINAS .....	40

2.C.3.a.- RELEVADORES .....	41
2.C.3.b.- INDUCTANCIA .....	42
2.C.3.c- TRANSFORMADORES .....	43
2.C.4.- TUBO DE VACÍO .....	44
2.C.5.- DIODOS SEMICONDUCTORES .....	45
2.C.6.- TRANSISTORES .....	49
2.C.6.a.- TRANSISTOR BIPOLAR DE UNIÓN (BJT) .....	49
2.C.6.b.- TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO (FET) .....	50
2.C.7.- CIRCUITOS INTEGRADOS (IC) .....	52
2.C.7.a.- CIRCUITOS LINEALES .....	53
2.C.7.b.- CIRCUITOS NO LINEALES .....	54
2.C.8.- COMPUTADORAS DIGITALES .....	56
2.C.8.a.- PRIMERA GENERACIÓN .....	56
2.C.8.b.- SEGUNDA GENERACIÓN .....	57
2.C.8.c.- TERCERA GENERACIÓN .....	58
2.C.8.d.- CUARTA GENERACIÓN .....	59
2.C.8.e.- QUINTA GENERACIÓN .....	60
2.C.8.f.- SEXTA GENERACIÓN DE COMPUTADORAS .....	61

### CAPÍTULO 3: TRANSDUCTORES

3.A.- INTRODUCCIÓN .....	63
3.B.- SISTEMAS .....	63
3.B.1.- SISTEMA DE CONTROL .....	63
3.B.1.a.- SISTEMA DE SEGURIDAD .....	64
3.B.2.- SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI) .....	65
3.C.- SEÑALES .....	67
3.D.- TRANSDUCTORES .....	68
3.D.1.- MÉTODOS DE TRANSDUCCIÓN Y TIPOS DE TRANSDUCTORES .....	69
3.D.1.a.- TRANSDUCCIÓN RESISTIVA .....	69
3.D.1.a.1.- GALGA EXTENSÍOMETRICA .....	70
3.D.1.a.2.- DETECTORES DE TEMPERATURA RESISTIVOS (RTD) .....	71
3.D.1.a.3.- TERMISTORES .....	71
3.D.1.a.4.- HIGRÓMETROS RESISTIVOS .....	73
3.D.1.a.5.- RESISTENCIAS SEMICONDUCTORAS PARA LA DETECCIÓN DE GASES .....	74
3.D.1.b.- TRANSDUCCIÓN CAPACITIVA .....	75
3.D.1.b.1.- TRANSDUCTOR DE CAPACITANCIA VARIABLE .....	75
3.D.1.b.2.- TRANSDUCTOR CAPACITIVO DIFERENCIAL .....	76
3.D.1.c.- TRANSDUCCIÓN INDUCTIVA .....	76
3.D.1.c.1.- SENSORES BASADOS EN UNA VARIACIÓN DE RELUCTANCIA .....	77
3.D.1.c.2.- TRANSFORMADORES DIFERENCIALES (LVDT) .....	78
3.D.1.d.- TRANSDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA .....	78
3.D.1.d.1.- SENSORES BASADOS EN LA LEY DE FARADAY .....	79

3.D.1.d.2.- SENSORES BASADOS EN EL EFECTO HALL .....	81
3.D.1.d.3.- MAGNETORRESISTENCIAS .....	81
3.D.1.e.- TRANSDUCCIÓN TERMOELÉCTRICA .....	82
3.D.1.e.1.- TERMOPARES .....	82
3.D.1.f.- TRANSDUCCIÓN PIEZOELÉCTRICA .....	83
3.D.1.f.1.- TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS .....	83
3.D.1.g.- TRANSDUCCIÓN PIROELÉCTRICA .....	84
3.D.1.g.1.- TRANSDUCTORES PIROELÉCTRICOS .....	84
3.D.1.h.- TRANSDUCCIÓN FOTOCONDUCTORA .....	85
3.D.1.h.1.- ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO .....	85
3.D.1.h.2.- FOTORRESISTENCIAS LDR .....	87
3.D.1.h.3.- FOTODIODOS .....	87
3.D.1.h.4.- FOTOTRANSISTORES .....	88
3.D.1.i.- TRANSDUCCIÓN FOTOVOLTAICA .....	89
3.D.1.i.1.- TRANSDUCTORES FOTOVOLTAICOS .....	89
3.D.1.j.- OTROS TIPOS DE TRANSDUCTORES .....	89
3.D.1.j.1.- DISPOSITIVOS DE ACOPLAMIENTO DE CARGA CCD .....	90
3.D.1.j.2.- TRANSDUCTORES BASADOS EN ULTRASONIDOS .....	90
3.D.1.j.3.- BIOSENSORES .....	91
3.D.1.j.4.- SENSORES INTELIGENTES .....	92

#### **CAPÍTULO 4: LOS TRANSDUCTORES EN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD**

4.A.- INTRODUCCIÓN .....	93
4.B.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD .....	93
4.B.1.- SISTEMA CONTRA INCENDIO .....	93
4.B.2.- SISTEMA CONTRA INTRUSIÓN .....	95
4.B.3.- SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO .....	96
4.B.4.- CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV) .....	98
4.B.5.- SISTEMA INTEGRADO .....	100
4.C.- LOS TRANSDUCTORES EN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD .....	101
4.C.1.- TRANSDUCTORES EN LOS SISTEMAS CONTRA INCENDIO .....	101
4.C.1.a.- SENSORES DE TEMPERATURA .....	101
4.C.1.b.- SENSORES DE HUMO .....	102
4.C.1.c.- SENSORES DE LLAMA .....	104
4.C.1.d.- SENSORES DE MONÓXIDO DE CARBONO .....	105
4.C.1.e.- SENSORES ESPECIALES .....	106
4.C.1.f.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES .....	106
4.C.2.- TRANSDUCTORES EN LOS SISTEMAS CONTRA INTRUSIÓN .....	107
4.C.2.a.- SENSORES DE MOVIMIENTO .....	107
4.C.2.b.- SENSORES DE ROTURA DE VIDRIOS .....	110
4.C.2.c.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES .....	110
4.C.3.- TRANSDUCTORES EN LOS SISTEMAS DE CONTROL ACCESO .....	111
4.C.3.a.- LECTORES DE PROXIMIDAD .....	111
4.C.3.b.- LECTORES DE BANDA MAGNÉTICA .....	112



---

4.C.3.c.- LECTORES DE CÓDIGO DE BARRAS .....	113
4.C.3.d.- SENSORES BIOMÉTRICOS .....	114
4.C.3.d.1.- SENSORES DE HUELLA DACTILAR .....	115
4.C.3.d.2.- SENSORES DE PATRÓN DE IRIS .....	116
4.C.3.d.3.- SENSORES DE RECONOCIMIENTO DE VOZ .....	116
4.C.3.e.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES .....	117
4.C.4.- TRANSDUCTORES EN CCTV .....	118
4.C.4.a.- CÁMARAS PARA CCTV .....	118
4.C.4.a.1.- CÁMARAS MONOCROMÁTICAS .....	118
4.C.4.a.2.- CÁMARAS A COLOR .....	119
4.C.4.a.3.- CÁMARAS PARA DÍA Y NOCHE .....	119
4.C.4.a.4.- CÁMARAS TIPO DOMO .....	119
4.C.4.a.5.- CÁMARAS CON DETECTOR DE MOVIMIENTO .....	120
4.C.4.a.6.- CÁMARAS CON PROTOCOLO DE INTERNET .....	120
4.C.4.b.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES .....	121
4.D.- CASO PRÁCTICO .....	123
4.D.1.- EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES DE SEGURIDAD .....	123
4.D.2.- CONDICIONES AMBIENTALES Y REFERENTES AL INMUEBLE .....	124
4.D.3.- DISPOSITIVOS A INSTALARSE .....	124
4.D.4.- INSTALACIÓN .....	128
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>132</b>
<b>MESOGRAFÍA .....</b>	<b>134</b>

---

## **OBJETIVO**

- **Destacar la importancia que los transductores tienen dentro de un sistema de seguridad, al ser el dispositivo que ofrece el nivel de confiabilidad del sistema, ya que se encarga de captar los distintos eventos que se pueden presentar en el área donde dicho sistema fue instalado.**
- 
-



# *INTRODUCCIÓN*

---

---

La necesidad del ser humano por comprender el entorno que lo rodea para poder subsistir en los principios de su existencia, lo encaminó a nuevos descubrimientos y a la creación de diversas técnicas, que poco a poco fue perfeccionando para cumplir sus requerimientos más básicos. El proceso evolutivo, le ha permitido implementar sistemas más complejos analizando los fenómenos que experimenta, cubriendo no sólo necesidades básicas, sino también, creando comodidad en su forma de vivir. En nuestros días, con los grandes avances tecnológicos, se tienen sistemas tan sofisticados que incluso han creado nuevas necesidades para el hombre en distintos ámbitos, tales como: medicina, comunicaciones, seguridad, entretenimiento, etc.

La seguridad del individuo ha sido un pilar muy importante en todos los sistemas desarrollados por el hombre, y en la actualidad no es la excepción. Los sistemas de seguridad, están diseñados para brindarles protección a las personas que habitan o laboran, según sea el caso, en un espacio determinado, asimismo, se protegen los bienes que se encuentran en ese espacio. Los sistemas de seguridad electrónicos, ofrecen un nivel de seguridad adicional por medio de dispositivos específicos para dicho fin.

Entre los dispositivos utilizados, se encuentra el transductor, que será el responsable de captar distintos eventos de manera automática, realizar una acción que dé aviso a la persona encargada de la seguridad y tome la decisión pertinente. Para el caso de propiedades o sitios de interés común (parques, explanadas, etc.), se pueden emplear los siguientes sistemas: sistema contra incendio, sistema contra intrusión, sistema de control de acceso y circuito cerrado de televisión (CCTV).

En el primer capítulo: “Electricidad”, se mencionan algunos de los eventos más importantes en la historia de la electricidad, también aparecen los fundamentos que la rigen en base a su estudio a través de los años, desde el estudio de la estructura atómica, cómo se produce y cuáles son sus efectos. La forma de generar electricidad es la base de los transductores.

En el segundo capítulo: “Electrónica”, se explica la diferencia entre ésta y la electricidad, se habla sobre los descubrimientos en el ámbito de la electrónica, sobre los dispositivos que se han logrado diseñar gracias al estudio de las propiedades eléctricas de distintos materiales, cómo operan dichos dispositivos, hasta llegar a las computadoras digitales. La electrónica ha permitido niveles de miniaturización increíbles y sistemas de procesamiento de señales eléctricas extremadamente veloces.

En el tercer capítulo: “Transductores”, se explica qué es y cómo opera un sistema, se definen las señales eléctricas, se habla en forma general de los transductores, sobre los métodos de transducción que hay, sobre los dispositivos que se emplean en cada método,

---

asimismo, se abordan las señales físicas que los transductores son capaces de convertir en señales eléctricas y algunas de sus aplicaciones más comunes.

Finalmente, en el cuarto capítulo: “Transductores en los sistemas de seguridad”, se describen los sistemas de seguridad que normalmente son instalados en diversos sitios, se describen los transductores más utilizados para cada sistema y se mencionan las consideraciones que el usuario debe tener en cuenta para elegir el transductor que más se ajuste a sus necesidades.

---



# ***CAPÍTULO 1: ELECTRICIDAD***

---

---

## 1.A.- INTRODUCCIÓN

Hoy en día es muy difícil pensar en un mundo en el cual no exista la energía eléctrica, ya que se ha convertido en algo indispensable para la humanidad, además de ser la gran fuente del desarrollo tecnológico que tenemos; sin ella, simplemente no existiría ningún artefacto, ningún aparato, ningún dispositivo de los que conocemos como eléctricos o electrónicos.

El estudio de la electricidad ha permitido al ser humano, crear gran variedad de dispositivos que aprovechan las propiedades de la energía eléctrica para su funcionamiento, y su campo de aplicación es bastante amplio.

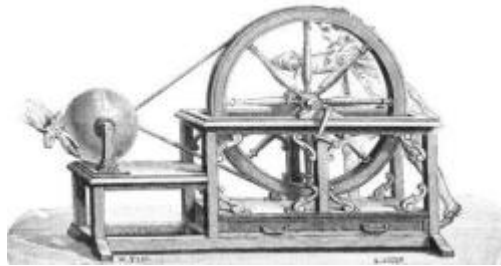
## 1.B.- BREVE HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD

Es en el año 600 a.C. en la antigua Grecia cuando un filósofo, llamado Tales de Mileto, logra observar un fenómeno eléctrico; al frotar un pedazo de ámbar (Figura 1.1) con la piel de algún animal se da cuenta de que éste podía atraer pequeños pedazos de hojas secas y virutas de madera. Sin embargo, es hasta el siglo XVI que el físico inglés William Gilbert le da el nombre de electricidad a este fenómeno, basándose en la palabra de origen griego, “elektron”, que quiere decir ámbar. Gilbert clasificó a los materiales en eléctricos y no eléctricos, de acuerdo a si atraían o no otros materiales más ligeros, además de hacer aportaciones en el campo del magnetismo.



*Figura 1.1.- Fragmento de ámbar.*

Llegaría entonces el físico alemán Otto Von Guericke, quien observa la repulsión que se daba en los materiales después de haber sido atraídos, e inventa la primera máquina de electricidad estática (Figura 1.2), que consiste de una esfera de azufre torneada con una manija, por medio de la cual, la carga es inducida al poner la mano sobre la esfera. En el siglo XVIII, el francés Charles Du Fay deduce que existen dos tipos de cargas, debido a que algunos materiales se atraen y otros se repelen.



*Figura 1.2.- Primera máquina electrostática.*

En 1745 se desarrolla la botella de Leyden, gracias a Pieter Van Musschenbroek, nacido en Holanda; consistía en una botella de vidrio recubierta por dos láminas de papel de estaño, una en el interior y otra en el exterior. Si se cargaba una de las láminas con una máquina electrostática, se producía una descarga violenta al tocar ambas láminas a la vez; con esto se encontraba el principio para los capacitores (Figura 1.3).



*Figura 1.3.- Botella de Leyden*

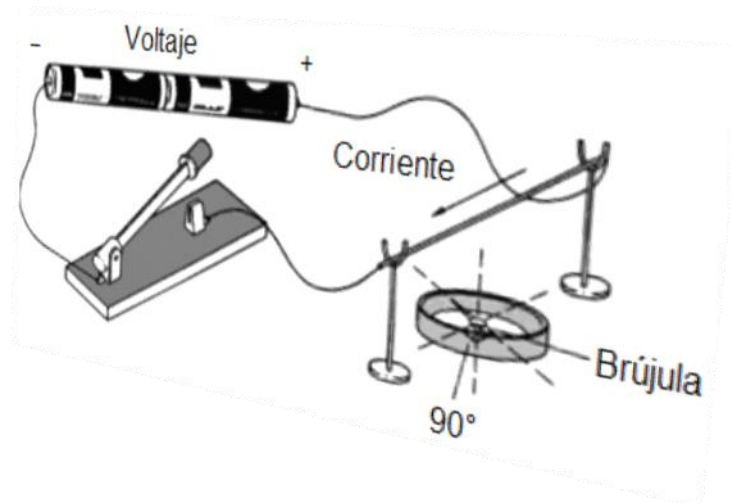
El inglés William Watson demuestra, en 1747, que una descarga electrostática es una corriente eléctrica. En 1752, el estadounidense Benjamin Franklin desarrolla una teoría en la que sostiene que la electricidad era un fluido único existente en toda materia y califica a las sustancias en eléctricamente positivas y eléctricamente negativas, de acuerdo con el exceso o defecto de ese fluido.

En 1777, el francés Charles-Augustin de Coulomb inventó la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción o repulsión que ejercen entre sí dos cargas eléctricas y estableció la función que liga esta fuerza con la distancia. Los físicos italianos Luigi Galvani y Alessandro Volta llevaron a cabo experimentos importantes con corrientes eléctricas. Galvani produjo contracciones musculares en las patas de una rana aplicándoles una corriente eléctrica. En 1800, Volta presentó la primera fuente electroquímica artificial de diferencia de potencial, un tipo de pila eléctrica o batería.

En 1806, el químico inglés Humphry Davy logra identificar varios elementos químicos por medio de la electrólisis y realiza estudios sobre la energía involucrada en este proceso, se le considera el fundador de la electroquímica. En 1819, Hans Christian Oersted, físico danés, encuentra la relación existente entre el magnetismo y la electricidad al colocar



una aguja imantada en dirección perpendicular a un conductor, por el que circula una corriente eléctrica, y observar que ésta se desvía de su posición original (Figura 1.4).



*Figura 1.4.- Experimento realizado por Oersted.*

En 1821 es descubierto el efecto termoeléctrico por Thomas Johann Seebeck, médico y físico de Estonia; mientras soldaba dos metales distintos en un lazo observó que, al calentar uno a alta temperatura, y mientras el otro se mantenía a una temperatura mucho menor, se producía un campo magnético, este principio es la base de los termopares.

George Simon Ohm se encarga de estudiar la relación que existe entre el voltaje aplicado a una resistencia y la corriente que circula a través de ella y, en 1827, formula la ley que lleva su nombre: Ley de Ohm. Michael Faraday, físico y químico inglés, demostró que la corriente que circula por un conductor en espira puede inducir electromagnéticamente una corriente en una espira cercana, principio básico de los transformadores.

James Prescott Joule, físico inglés, establece que la cantidad de calor que se desprende de un conductor cuando atraviesa por él una corriente eléctrica, es equivalente al trabajo realizado por el campo eléctrico para transportar las cargas de un extremo a otro del conductor durante ese tiempo, convirtiéndose en la Ley de Juole; y, junto con el científico alemán Hermann von Helmholtz, demuestran que la electricidad es una forma de energía, debido a que los circuitos eléctricos cumplen la ley de conservación de la energía.

El físico matemático inglés James Clerk Maxwell investigó las propiedades de las ondas electromagnéticas y la luz. Desarrolló la teoría de que ambas tienen la misma naturaleza. Más tarde llegaría el inventor estadounidense Thomas Alva Edison, inventor de la lámpara incandescente (Figura 1.5), que en 1882, desarrolló e instaló la primera gran central eléctrica del mundo en Nueva York, alimentando la ciudad con corriente continua. Sin embargo, su uso se vio desplazado por el sistema de corriente alterna desarrollado por el croata Nikola Tesla y el norteamericano George Westinghouse.

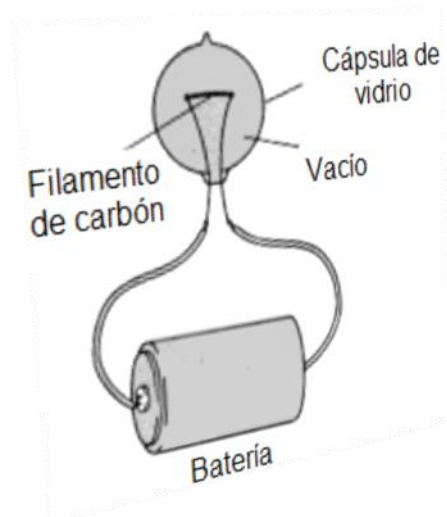


Figura 1.5.- La lámpara incandescente.

El físico alemán Heinrich Hertz produjo y detectó ondas eléctricas en la atmósfera, en 1886. Tesla construye el primer radiotransmisor, en 1893. El ingeniero italiano Guglielmo Marconi, en 1896, empleó las ondas eléctricas para producir el primer sistema práctico de señales de radio.

En 1905, el científico alemán Albert Einstein, en una de sus tantas aportaciones, escribió cuatro artículos fundamentales sobre la física de pequeña y gran escala. En uno de ellos hablaba sobre el efecto fotoeléctrico. Aunque ya había sido descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887, fue Einstein quien dio la explicación teórica, luego de sus investigaciones.

De forma resumida y cronológica, esta es parte de la historia de la electricidad; definitivamente hubo muchos más personajes involucrados en esta historia que no fueron mencionados y no por ello son menos importantes.

### 1.C.- ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Toda la materia está formada por elementos químicos (el agua, por ejemplo, está formada por los elementos químicos hidrógeno y oxígeno), y un átomo es la parte más pequeña a la que puede ser reducido un elemento químico.

Un átomo está constituido por tres partículas subatómicas básicamente: protones, electrones y neutrones, es decir, si se pudiera dividir el átomo de un elemento, tendríamos pequeñísimas partículas que son las que dan a los átomos sus particulares características. El átomo de un elemento se distingue del de otro en el número de electrones que tiene cada uno de ellos. En el centro del átomo se encuentra el núcleo, en el cual habitan dos clases de partículas: los protones y los neutrones; alrededor del núcleo giran los electrones en órbitas electrónicas (Figura 1.6).

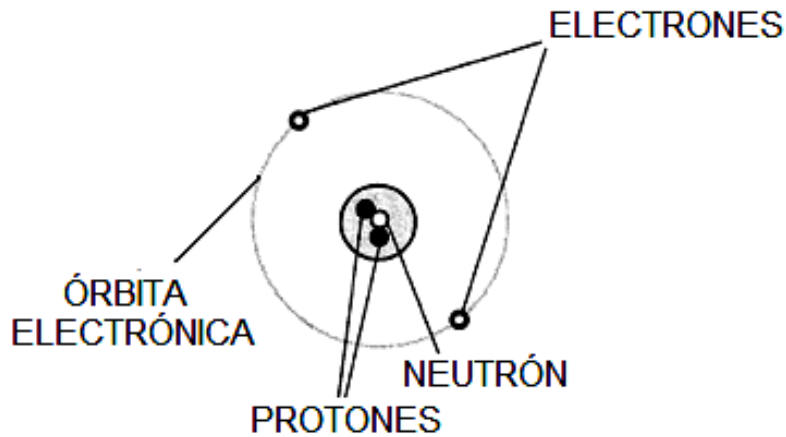


Figura 1.6.- La composición de un átomo.

Una característica muy importante de los tres componentes del átomo (electrones, protones y neutrones), es que tienen carga eléctrica, tienen una energía intrínseca y natural, puesta de manifiesto por las fuerzas que pueden ejercer sobre otras partículas del mismo tipo y que originan fenómenos de atracción y repulsión entre partículas cargadas eléctricamente. Se determinó con carga eléctrica positiva (+) al protón, y al electrón con carga eléctrica negativa (-); se ha demostrado que dos electrones o dos protones se repelen entre sí, y que entre un protón y un electrón existe una fuerza de atracción; por lo tanto, las cargas del mismo signo se rechazan, mientras que las cargas de distinto signo se atraen (Figura 1.7). Los neutrones del núcleo son partículas que tienen igual cantidad de carga positiva que de carga negativa; por lo tanto, tiene un efecto neutro, el neutrón no ejerce fuerza eléctrica sobre un electrón o protón y tiene la función de separar los protones que están en el núcleo.

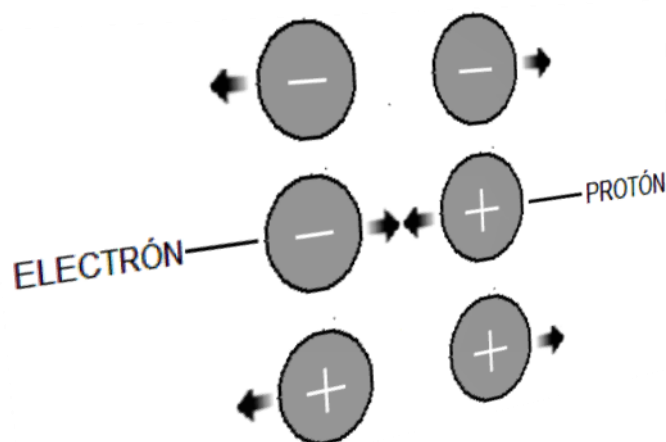


Figura 1.7.- Comportamiento de las cargas eléctricas.

Un átomo es eléctricamente neutro, y eso quiere decir que la cantidad de electrones es igual al número de protones. El número de electrones es el que se conoce como "número atómico" de un elemento químico. Los neutrones tienen intervención en la masa atómica, que está prácticamente en el núcleo; el resto es espacio vacío donde los electrones giran a grandes velocidades.

### 1.C.1.- IONES POSITIVOS Y NEGATIVOS

Cuando por cualquier circunstancia un átomo gana o pierde electrones, se dice que dicho átomo se ha ionizado. Cuando el átomo pierde electrones se denomina ion positivo, o catión, y cuando el átomo gana electrones se denomina ion negativo, o anión. Como cargas de distinto signo se atraen, cuando están cerca iones negativos y positivos, éstos se unen, formando un enlace iónico; pero también puede ocurrir que solamente se desprendan los electrones que tiene de más el ión negativo y se dirijan hacia el ión positivo para neutralizar su carga. Cuando esto sucede, se dice que el paso de los electrones que neutralizan la carga, constituye una corriente eléctrica. Por ejemplo, al disolver sal en agua, los átomos de la sal se ionizan, la sal está compuesta por átomos de Cloro (Cl) y sodio (Na), como se muestra en la figura 1.8.



Figura 1.8.- Cuando se disuelve sal en agua, sus átomos se ionizan.

### 1.D.- LA ELECTRICIDAD

La electricidad es la parte de la física (Figura 1.9) que se encarga del estudio de las cargas eléctricas, es decir, cómo se producen y que efectos ocasionan con su interacción. De forma análoga, se encarga del estudio de la energía eléctrica, las formas de generarla, transportarla, distribuirla y de su aprovechamiento directo.

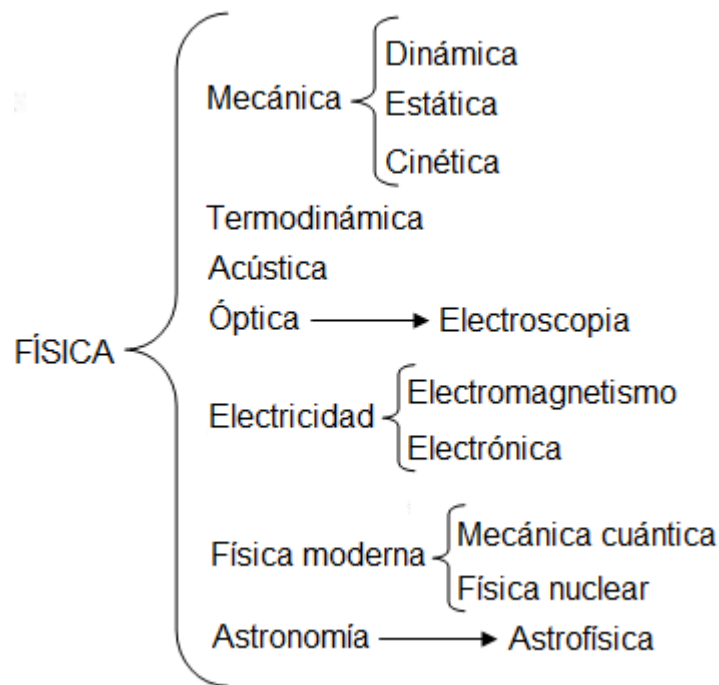


Figura 1.9.- Las ramas de la Física.

### 1.D.1.- LEY DE COULOMB

Una manifestación habitual de la electricidad es la fuerza de atracción o repulsión entre dos cuerpos estacionarios que, de acuerdo con el principio de acción y reacción, ejercen la misma fuerza eléctrica uno sobre otro. La fuerza entre dos partículas con cargas  $q_1$  y  $q_2$  puede calcularse a partir de la ley de Coulomb, que establece que la fuerza es proporcional al producto de las cargas dividido entre el cuadrado de la distancia que las separa.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Donde:

$F$  es la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas en Newtons (N).

$q_1$  y  $q_2$  son dos cuerpos con carga eléctrica en Coulombs (C).

$r$  es la distancia entre los cuerpos cargados en metros (m).

$k$  es la constante de proporcionalidad, tiene un valor de  $8.988 \times 10^9 \left( \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$ .

Algunas veces se reemplaza  $k$  por  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ , donde  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$ , y se llama permisividad del vacío, de esta manera, la ley de Coulomb se expresaría como:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Cuando el medio que rodea las cargas no es el vacío, y si el material tiene una constante dieléctrica  $K$ , entonces se sustituye  $\epsilon_0$  por  $K\epsilon_0 = \epsilon$ , y se llama permisividad del material; entonces:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{k}{K} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

La magnitud más pequeña del universo se denota por  $e$  (llamada cuanto de carga), la cual tiene un valor de  $1.602 \times 10^{-19} C$ . Todas las cargas son múltiplos enteros de  $e$ . Un electrón tiene una carga de  $-e$ , mientras que un protón tiene una carga de  $+e$ . La suma algebraica de la carga en el universo es constante.

### 1.D.2.- CAMPO ELÉCTRICO

Como hemos visto, los cuerpos poseedores de cargas eléctricas, colocados en las proximidades de otros cuerpos cargados eléctricamente, quedarán sujetos a la acción de fuerzas. Si las cargas de los cuerpos próximos fueran de signos opuestos, la fuerza sería de atracción, por otro lado, si las cargas fueran del mismo signo, la fuerza sería de repulsión. Esto quiere decir que en el espacio en torno de un cuerpo cargado se está dando lugar a la acción de estas fuerzas, la cuales no son visibles, sin embargo, están presentes, fenómeno que corresponde a la acción de naturaleza eléctrica sobre los cuerpos que están cargados.

El fenómeno anterior puede explicarse por la existencia de una entidad llamada campo eléctrico. Para representar al campo eléctrico existente en un cuerpo cargado se utilizan líneas imaginarias, denominadas líneas de campo. El conjunto de estas líneas imaginarias alrededor de un cuerpo cargado representan su campo eléctrico. Las líneas se representan saliendo de los cuerpos cargados positivamente, y entrando en los cuerpos cargados negativamente (Figura 1.10). Las propiedades principales que poseen las líneas de fuerza son: Siempre salen de los cuerpos positivos y llegan a los negativos. Nunca se cruzan. Están más concentradas donde el campo es más fuerte.

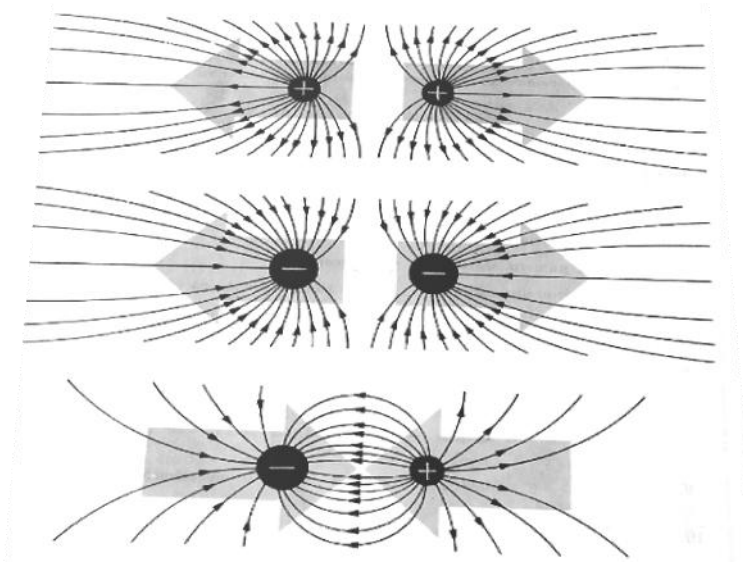


Figura 1.10.- Representación de las líneas de campo eléctrico.

La intensidad del campo eléctrico en un determinado punto del espacio, a una cierta distancia de la carga que lo produce, es:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

Donde:

$\vec{E}$  es la intensidad del campo en  $\left(\frac{N}{C}\right)$ .

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  es la constante que vale  $8.988 \times 10^9 \left(\frac{N \cdot m^2}{C^2}\right)$ .

$q$  es la carga que provoca el campo en Coulombs (C).

$r$  es la distancia de la carga al punto P en metros (m).

Una carga eléctrica colocada en un punto del espacio, sujeta a la acción de un campo, es forzada a moverse. Esta fuerza puede ser calculada por la expresión:

$$F = q\vec{E}$$

Donde:

$F$  es la fuerza en Newtons (N).

$q$  es el valor de la carga que es colocada en el punto P en Coulombs (C).

$\vec{E}$  es la intensidad del campo en  $\left(\frac{N}{C}\right)$ .

### 1.D.3.- DIFERENCIA DE POTENCIAL

Toda partícula eléctricamente cargada crea a su alrededor un campo de fuerzas. Este campo puede representarse mediante líneas de fuerza que indican la dirección de la fuerza eléctrica en cada punto, como se vio anteriormente. Para mover otra partícula cargada de un punto a otro se ha de realizar un trabajo. A la cantidad de energía necesaria para efectuar ese trabajo sobre una partícula de carga unitaria se le conoce como diferencia de potencial entre ambos puntos. Su unidad de medición es el Volt (V).

$$V = \frac{W}{q} ; \left( 1V = 1 \frac{J}{C} \right)$$

Donde:

V es la diferencia de potencial entre dos puntos en Volts (V).

W es el trabajo requerido para mover la carga en Joules (J).

q es la carga llevada de un punto a otro en Coulombs (C).

La diferencia de potencial es necesaria para que se establezca una corriente eléctrica, también se conoce como voltaje. Cuando la energía proviene de una fuerza del tipo eléctrico, se le llama fuerza electromotriz (fem), porque permite el desplazamiento de electrones al desprenderse de los átomos. La fem es originada por una fuente de energía, por ejemplo una batería, y su unidad de medición es el Volt (V).

La Tierra, un conductor de gran tamaño, normalmente es empleado como nivel de referencia cero para la energía potencial. Se dice que el potencial de un cuerpo cargado positivamente es de tantos volts por encima del potencial de tierra, y el potencial de un cuerpo cargado negativamente es de tantos volts por debajo del potencial de tierra.

#### 1.D.3.a.- RELACIÓN ENTRE EL CAMPO ELÉCTRICO Y LA DIFERENCIA DE POTENCIAL

El campo entre dos placas metálicas, de longitud infinita y paralelas, es uniforme. Con la siguiente ecuación se puede relacionar el campo eléctrico que existe entre placas paralelas y la separación entre ellas, con la diferencia de potencial:

$$V = Ed$$

Donde:

V es la diferencia de potencial entre las placas en Volts (V).

E es el campo generado entre las placas en Newtons/Coulombs  $\left( \frac{N}{C} \right)$ .

d es la separación de las placas en metros (m).



### 1.D.4.- CORRIENTE ELÉCTRICA

La corriente eléctrica existe en cualquier región donde sean transportadas cargas eléctricas de un punto a otro de ésta, dicho de otra manera, es el flujo de electrones a través de un conductor. Para que pueda establecerse una corriente eléctrica tiene que existir algo que impulse a los electrones a circular de un lado a otro, como ya vimos, se trata de la diferencia de potencial. Su unidad de medición es el Ampere (A).

Supongamos que la carga se mueve a través de un conductor (Figura 1.11), si la carga se traslada a través de una sección transversal dada del alambre en una unidad de tiempo, entonces la corriente que pasa a través del alambre es:

$$I = \frac{q}{t} ; \left( 1A = 1 \frac{C}{s} \right)$$

Donde:

I es la corriente en Amperes (A).

q es la carga en Coulombs (C).

t es el tiempo en segundos (s).

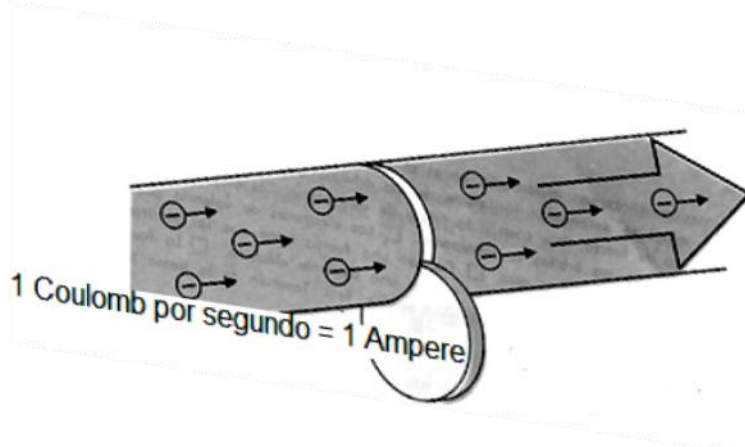


Figura 1.11.- Una carga de 1 Coulomb por segundo genera una corriente de 1 Ampere.

La corriente es generada por electrones libres (electrones que pueden salir con facilidad de un átomo, y se encuentran en su última órbita) que, antes de aplicarles la tensión, eran electrones que estaban sujetos por la atracción de los núcleos de los átomos que constituyen el conductor. En su camino, los electrones libres chocan contra los iones positivos del material, retroceden y vuelven a ser acelerados por la fuerza electromotriz. Debido a estos choques, el conductor se calienta cuando lleva corriente eléctrica.

#### 1.D.4.a.- CONDUCCIÓN DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Para que un material pueda conducir la corriente necesita tener una buena cantidad de electrones libres, de lo contrario, el paso de electrones a través del mismo será escaso y

por lo tanto se dificultará el paso de la corriente. Dicho lo anterior, existen tres tipos de materiales relacionados con la conducción de corriente: conductores, aislantes y semiconductores. Donde:

**Conductores:** Son los que permiten con facilidad un flujo de electrones, y por lo tanto, el paso de la corriente, esta facilidad está dada por la composición de sus átomos, ya que cuentan con electrones libres, por ejemplo, un átomo de cobre cuenta con un electrón libre (Figura 1.12).

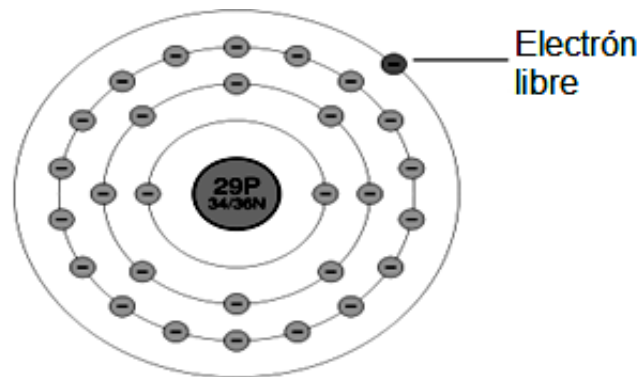


Figura 1.12.- Átomo de cobre

A continuación se describen los tipos de conductores:

a) *Sólidos.*- Los materiales sólidos que conducen la electricidad son los metales, los cuales son los mejores conductores, y además, el grafito.

b) *Líquidos.*- Algunos líquidos también permiten que las cargas eléctricas se muevan. Estas cargas se mueven junto al propio átomo que puede desplazarse en el medio líquido. Estos átomos, que pueden tener falta o exceso de electrones, se ionizan. Un ejemplo de un líquido conductor es cuando sustancias, del tipo sal (cloruro de sodio, bicarbonato de sodio, sulfato de cobre), del tipo ácido (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, etc.), o bien de tipo base (hidróxido de sodio, o sea sosa cáustica), se disuelven en agua, se disocian y forman así una solución conductora, debido a que los aniones y cationes existentes en la solución pueden servir de medio de transporte para las cargas eléctricas; cabe aclarar que el agua destilada no conduce electricidad.

c) *Gaseosos.*- Los gases, en condiciones normales, no son conductores. Sin embargo, si por medio de una buena cantidad de energía se consigue “arrancar” electrones de los gases, quedarían en un estado de electrificación llamado ionización, entonces se convierten en excelentes conductores. En los gases ionizados ocurre un fenómeno interesante, la emisión de luz; una aplicación de este fenómeno la tenemos en las lámparas fluorescentes.

**Aislantes:** Son aquellos en los que es muy difícil que se establezca un flujo de electrones y, por consecuencia, se complica el establecimiento de corriente, esto es debido a que los electrones de estos materiales se encuentran muy unidos a sus átomos, por lo que se necesita enorme cantidad de energía para poder liberarlos. Sin embargo, no existe un aislante que sea perfecto, es decir, todos los materiales pueden conducir la corriente en algún momento, pero como ya se dijo, se necesitaría una enorme cantidad de energía para lograr que un aislante permita el paso de la corriente, a esa energía se le llama voltaje de ruptura del aislante.

Algunos ejemplos de aislantes son: vidrio, porcelana, madera, plásticos, aceite, entre muchos más.

**Semiconductores:** Son los que tienen mayor capacidad que un aislante para conducir corriente, pero menor capacidad que un conductor, es decir, son el punto medio entre un conductor y un aislante. Algunos ejemplos son: el silicio y el germanio. Un incremento en la temperatura de un semiconductor puede lograr que aumenten sustancialmente sus electrones libres, pero algunas veces es necesario agregar impurezas (átomos de otros elementos que se le agregan al semiconductor), por ejemplo, átomos de: antimonio, fósforo, boro, galio, entre otros) al semiconductor para facilitar su conducción eléctrica.

Los semiconductores son los dispositivos que han revolucionado la electrónica y, con ello, grandes avances tecnológicos se han suscitado.

#### 1.D.4.b.- MOVIMIENTO DE LOS ELECTRONES EN UN CONDUCTOR

Al sacar de su posición a un electrón libre en un conductor, inmediatamente otro ocupará el “hueco” formado (Figura 1.13a), de igual forma si se saca una cantidad mayor de electrones, mayor será la cantidad de “huecos” (Figura 1.13b). Así, mientras en un cuerpo cargado negativamente los electrones se distribuyen en su superficie, en un cuerpo cargado positivamente son los vacíos los que se distribuyen en su superficie.

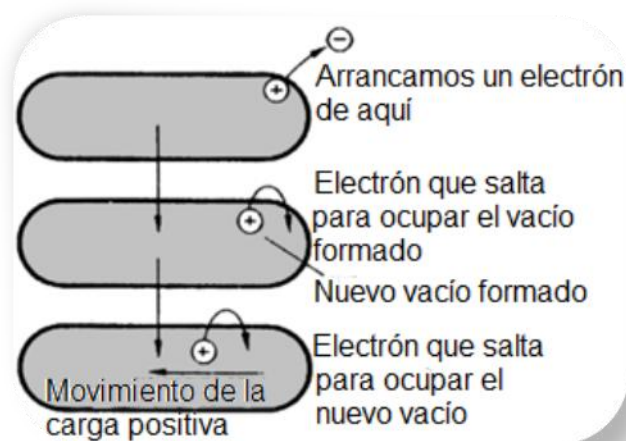


Figura 1.13a.- Movimiento de electrones en un conductor.

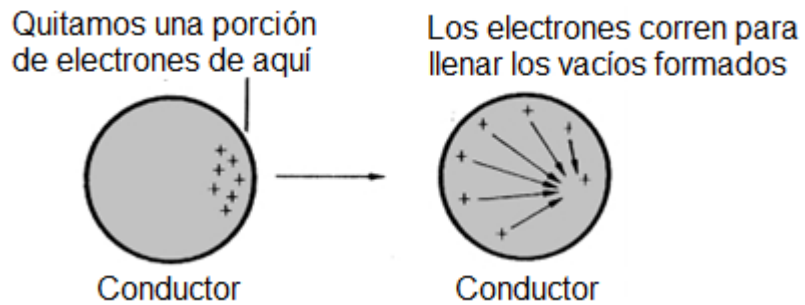
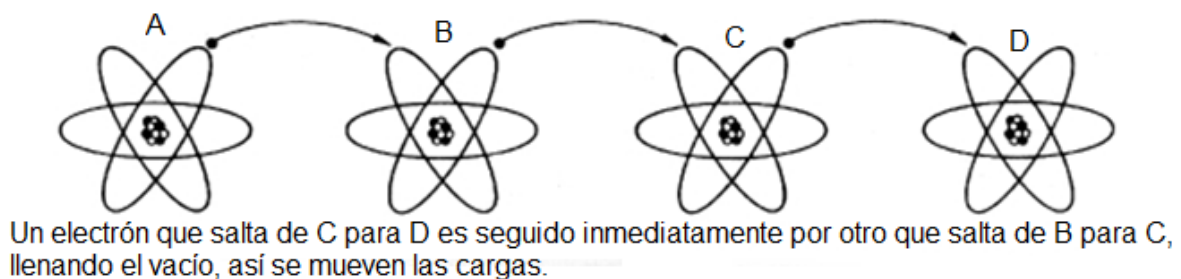
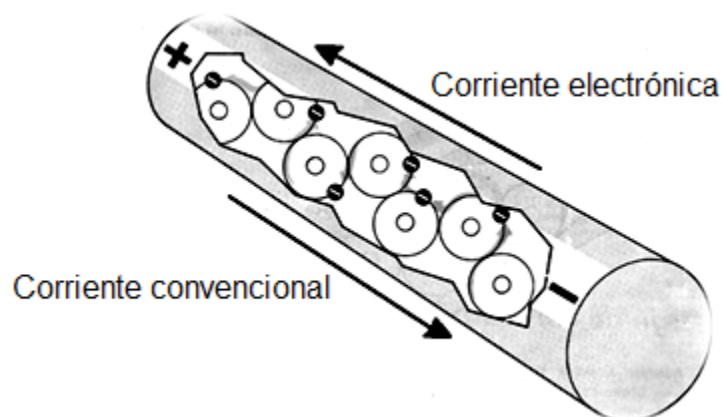


Figura 1.13b.- Los electrones se mueven en busca de rellenar los “huecos”.

Cuando se trata de conductores, los electrones van de átomo en átomo creando nuevos “huecos” (Figura 1.14a). Aunque en realidad los electrones van del potencial negativo hacia el positivo (corriente electrónica), por convención la corriente viaja de un potencial más alto a uno más bajo (Figura 1.14b).



(a)



(b)

Figura 1.14.- (a) Los electrones viajan de átomo en átomo. (b) Corriente convencional y corriente electrónica.

### 1.D.5.- RESISTENCIA

La resistencia eléctrica es la oposición que presentan los conductores al paso de la corriente eléctrica. La oposición se origina como consecuencia de los choques entre los electrones libres de la corriente y los iones positivos del conductor, debido a estos choques el conductor se calienta y despende energía en forma de calor. La resistencia de un conductor depende tres factores: la longitud del conductor, el área de su sección transversal y una constante específica llamada resistividad del material. Su unidad de medición es el Ohm ( $\Omega$ ),

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Donde:

R es la resistencia del conductor en Ohms ( $\Omega$ ).

$\rho$  es la resistividad del material en ( $\Omega \cdot m$ ).

L es la longitud del conductor en metros (m).

A es el área de sección transversal del conductor en ( $m^2$ ).

La resistencia de la mayoría de los materiales aumenta cuando lo hace su temperatura, aunque en algunas ocasiones sucede lo contrario, y en otras no se ve afectada por este fenómeno. La resistencia de un alambre cuando aumenta su temperatura se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$R_f = R_i + \alpha R_i (T_f - T_i)$$

Donde:

$R_f$  es la resistencia final con la nueva temperatura en Ohms ( $\Omega$ ).

$R_i$  es la resistencia inicial en Ohms ( $\Omega$ ).

$\alpha$  es el coeficiente térmico de la resistencia del material en ( $1/^\circ\text{C} = ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

$T_f$  es la temperatura final a la que se encuentra el conductor en ( $^\circ\text{C}$ ).

$T_i$  es la temperatura inicial en que se encontraba el conductor en ( $^\circ\text{C}$ ).

### 1.D.5.a.- CONDUCTANCIA

Es la facilidad que presenta un material para conducir la corriente eléctrica, y es el inverso de la resistencia eléctrica. Su unidad de medición es el Siemens ( $\mathcal{S}$ ).

$$G = \frac{1}{R}$$

Donde:

G es la conductancia en Siemens ( $\mathcal{S}$ ).

R es la resistencia en Ohms ( $\Omega$ ).

### 1.D.5.b.- CIRCUITO ELÉCTRICO

Es la trayectoria que sigue una corriente eléctrica a través de conductores, la cual es impulsada por una fuente de energía y regresa a su punto de partida. De este modo los elementos principales para formar un circuito eléctrico son: la fuente de alimentación, los conductores por donde la corriente avanzará y el o los elementos que serán alimentados con la energía eléctrica, normalmente denominados carga.

Cuando el circuito sigue la trayectoria completa, es decir, sin interrupciones se le llama circuito cerrado, cuando tiene alguna interrupción, o corte, es un circuito abierto; y finalmente, se dice que hay un cortocircuito cuando no existe carga entre las terminales de una fuente y son unidas por un conductor.

### 1.D.5.c.- LEY DE OHM

La ley de Ohm relaciona tres parámetros importantes de la electricidad: voltaje, corriente y resistencia; establece que la corriente que fluye a través de un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia total del circuito (Figura 1.15), obteniéndose la siguiente expresión:

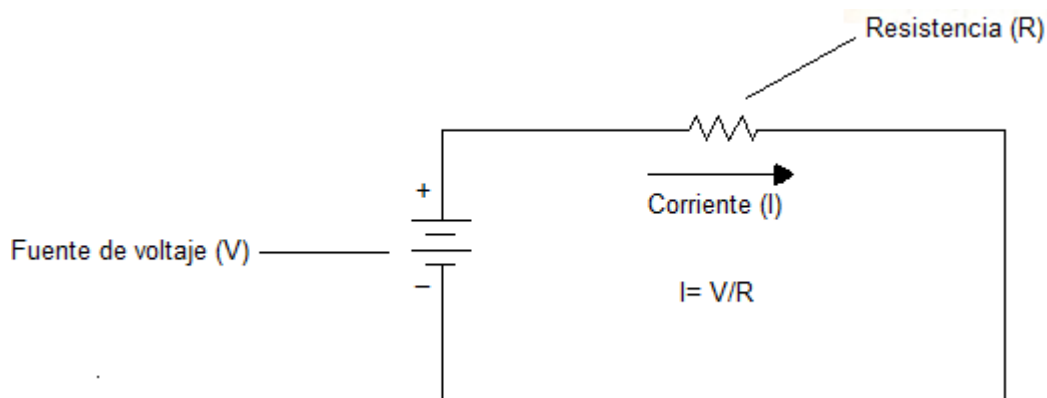
$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

I es la corriente que atraviesa el circuito en Amperes (A).

V es el voltaje aplicado al circuito en Volts (V).

R es la resistencia total del circuito en Ohms ( $\Omega$ ).



*Figura 1.15.- Circuito eléctrico.*

### 1.D.6.- POTENCIA ELÉCTRICA

Es el trabajo que realiza la fuente de energía para transportar una carga en una unidad de tiempo a través de un circuito eléctrico. Su unidad de medición es el Watt (W).

Si el trabajo eléctrico es:

$$W = qV$$

Tendríamos que la potencia:

$$P = \frac{qV}{t}$$

Considerando que:

$$\frac{q}{t} = I$$

Finalmente:

$$P = VI$$

Donde:

P es la potencia generada en Watts (W).

V es el voltaje suministrado en Volts (V).

I es la corriente eléctrica en Amperes (A).

#### 1.D.6.a.- EFECTO JOULE

Como se ha visto en un circuito eléctrico se genera calor debido a su resistencia, el cual se considera una pérdida de potencia del mismo; por lo tanto, el calor generado por la resistencia del circuito es igual a la potencia perdida, se conoce como Efecto Joule, y se puede calcular de las siguientes maneras:

$$P = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

Donde:

P es la potencia generada en Watts (W).

V es el voltaje suministrado en Volts (V).

I es la corriente eléctrica en Amperes (A).  
R es la resistencia en Ohms ( $\Omega$ ).

### 1.D.7.- FORMAS PARA GENERAR ELECTRICIDAD

Hasta ahora se han explicado parámetros importantes acerca de la energía eléctrica, incluso se ha dicho que se debe al movimiento de los electrones y que hay que aplicar energía para liberarlos, pero aun no se ha visto la forma en que se puede generar esta energía. En general, hay seis maneras diferentes de lograr que los electrones de un material se muevan y, con ello, establecer una corriente eléctrica. Las seis formas para generar electricidad se describen a continuación:

#### 1.D.7.a.- POR FRICCIÓN

Este procedimiento es mejor conocido como electricidad estática o electrostática, y fue el primero en descubrirse, de este método parte el estudio de la electricidad. De hecho, muchas personas lo hemos experimentado alguna vez, por ejemplo, cuando frotamos un globo con nuestro cabello y se puede adherir a la pared (Figura 1.16), o al experimentar una descarga eléctrica al tocar algo metálico, o a otra persona, después de haber caminado por una alfombra, o levantarse de un sillón.



*Figura 1.16.- Cuando se frota un globo con el cabello se produce electricidad estática.*

Lo que sucede es que cuando dos cuerpos distintos se frotan entre sí, alguno de ellos cede electrones perdiendo su estado neutro, quedando con un déficit de electrones y cargado positivamente, a su vez, el otro cuerpo queda con un exceso de electrones y cargado negativamente, permaneciendo así hasta lograr nuevamente su neutralidad; este fenómeno indica que la electricidad se produce por el paso de electrones de un material a otro (Figura 1.17). El tiempo que el cuerpo permanece cargado es muy corto.



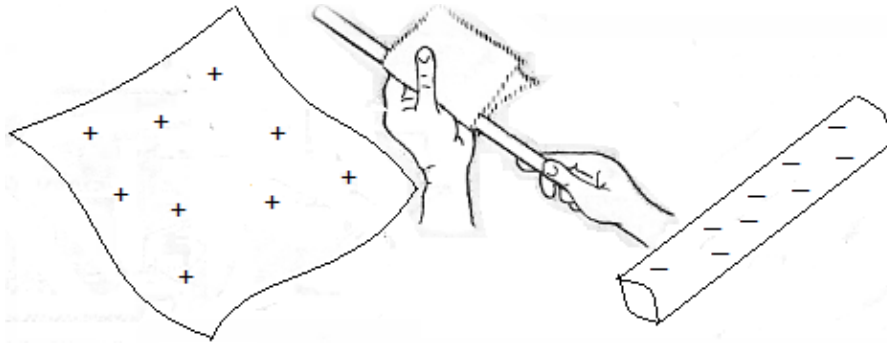


Figura 1.17.- Al frotar dos materiales distintos, uno adquiere carga positiva y el otro carga negativa.

### 1.D.7.b.- POR REACCIÓN QUÍMICA

Gran cantidad de los compuestos se ionizan al fundirse, o cuando se disuelven en agua u otros líquidos; es decir, sus moléculas se disocian en especies químicas cargadas positiva y negativamente que tienen la propiedad de conducir la corriente eléctrica (electrolito). Para que se produzca una corriente eléctrica a partir de una reacción química, es necesario que exista un electrolito, un oxidante (sustancia que gana electrones fácilmente) y un reductor (sustancia que pierde electrones fácilmente). Véase la figura 1.18.

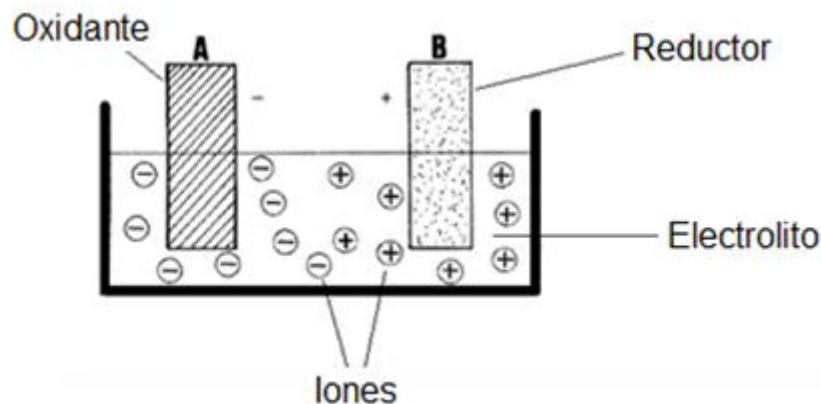


Figura 1.18.- Electricidad por reacción química.

Este método es de los más utilizados, y como ejemplos están las pilas y los acumuladores; una pila está formada por un electrolito, un electrodo positivo y un electrodo negativo (reductor y oxidante). El electrolito reacciona con los electrodos, de tal forma que a uno de ellos llegan los electrones liberados por la reacción haciéndose negativo, mientras que el otro, al perder electrones, adquiere carga positiva. Esta diferencia de cargas ocasiona una diferencia de potencial entre los dos electrodos. Si se conecta un cable conductor externo entre ellos, la diferencia de potencial tiene un camino por el que los electrones del electrodo negativo pasan al electrodo positivo, estableciéndose la corriente (Figura 1.19). Básicamente, hay dos tipos de pilas: primarias y secundarias.

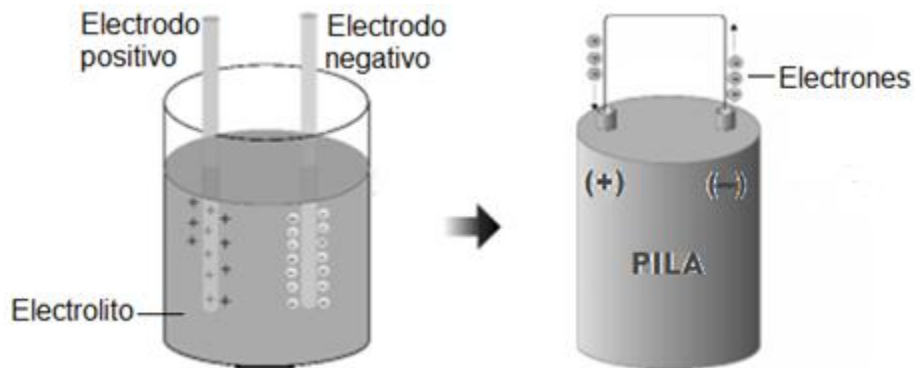


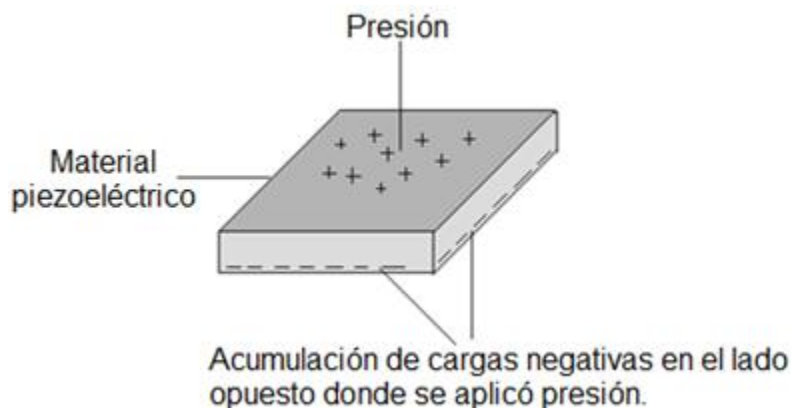
Figura 1.19.- Funcionamiento de una pila.

En las primarias, la sustancia química utilizada se transforma lentamente en sustancias diferentes; a causa de la reacción química que libera los electrones, el electrolito no puede transformarse en la sustancia original, es cuando las pilas pierden su energía y se dice que se han “descargado”.

En las pilas secundarias, baterías o acumuladores, el electrolito sí puede ser reconvertido a la sustancia original aun después de haber sido utilizado; para conseguirlo, basta con pasar a través de él una corriente eléctrica, pero en sentido contrario al de su operación normal, y es cuando se dice que la batería ha sido “recargada”.

### 1.D.7.c.- POR PRESIÓN

A los cuerpos capaces de liberar electrones cuando se les aplica una fuerza, se les conoce como materiales piezoeléctricos. Piezo proviene de la palabra griega piezein, que significa presión. El efecto piezoeléctrico se produce en varias sustancias cristalinas como el cuarzo, el titanato de bario, las sales de Rochelle, etc. Cuando se aplica la fuerza sobre el material, los electrones son obligados a salir de sus órbitas y se desplazan hacia el punto opuesto a aquel en que se está ejerciendo la presión (Figura 1.20); cuando la presión termina, los electrones regresan a los átomos de donde proceden.

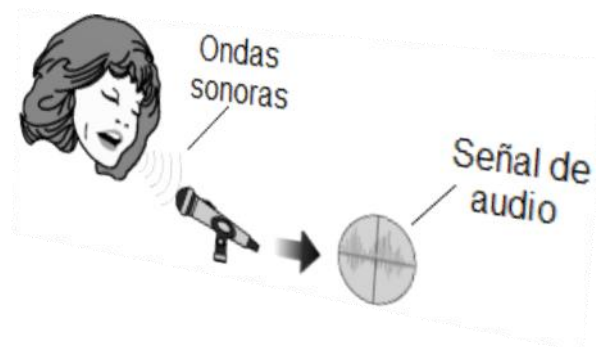


*Figura 1.20.- Efecto piezoeléctrico.*

El espacio que dejan momentáneamente los electrones a causa de la aplicación de la fuerza, se torna positivo; contrario al extremo más alejado de él, que se hace negativo, surgiendo entre ambos una diferencia de carga.

Los materiales piezoeléctricos se cortan en formas especiales, para que sea posible controlar los puntos en donde existe la diferencia de potencial. Esta propiedad de ciertos cristales se aprovecha para generar señales eléctricas de audio en micrófonos, algunos de los cuales están formados por un cristal piezoeléctrico sobre el que se coloca una tapa que lo deforma, conforme a las variaciones de los sonidos que logran desplazarla, y crear una señal eléctrica equivalente al sonido generado (Figura 1.21).

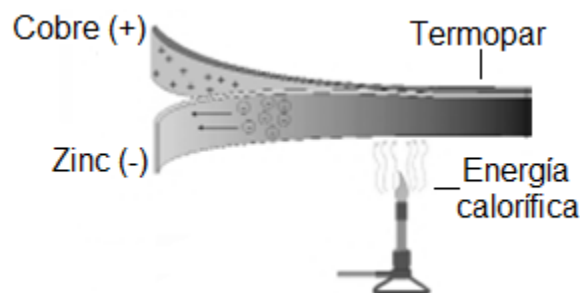
Además, los materiales piezoeléctricos tienden a deformarse cuando se les aplica un voltaje, por lo que también se utiliza para generar señales eléctricas de frecuencia fija y muy estable.



*Figura 1.21.- En algunos micrófonos se aplica el efecto piezoeléctrico.*

#### 1.D.7.d.- POR CALOR

Hay ciertos metales que liberan fácilmente electrones y otros que los aceptan con facilidad; si se ponen en contacto dichos metales y se les aplica energía calorífica se liberan los electrones de uno y pasan al otro metal, estableciendo una diferencia de potencial entre ambos (Figura 1.22), cuando la fuente de calor se retire, los conductores se enfriarán y las cargas se disiparán. Este fenómeno es llamado termoelectricidad, y un dispositivo que realice este efecto se llama termopar.



*Figura 1.22.- Efecto termoeléctrico.*

Mientras mayor sea el calor aplicado, mayor será la corriente que se genere, aunque también depende de los metales que se utilicen; algunas combinaciones son: cobre y zinc, cobre y constantán, hierro y constantán, etc. Cuando se unen varios termopares entre sí se forma una termopila.

### 1.D.7.e.- POR LUZ

La luz es una forma de energía, que se considera está formada por un haz de pequeñas partículas llamadas fotones, o cuantos de energía. Cuando los fotones de un rayo luminoso inciden sobre algunos materiales, liberan electrones en la superficie de estos materiales al absorber energía de la luz, el proceso explicado se llama efecto fotoeléctrico. El potasio, el sodio, el cesio, el selenio, el litio, el germanio, el silicio y el cadmio son algunos de los materiales que presentan tal característica.

El efecto fotoeléctrico se puede utilizar de tres formas (Figura 1.23):

a) *Fotoionización*.- La luz aumenta la conducción que se realiza del cátodo a la placa de una válvula de vacío, debido a la ionización.

b) *Efecto fotovoltaico*.- La energía luminosa que se aplica sobre una de dos capas unidas genera el paso de electrones de una placa a la otra, de forma que se genera una diferencia de potencial, similar a lo que ocurre en una pila.

c) *Efecto de fotoconducción*.- Debido a que son liberados los electrones de materiales cristalinos que cuentan con una resistencia alta, aumenta su conductividad y disminuye su resistencia eléctrica conforme a la luz que incide directamente sobre ellos.

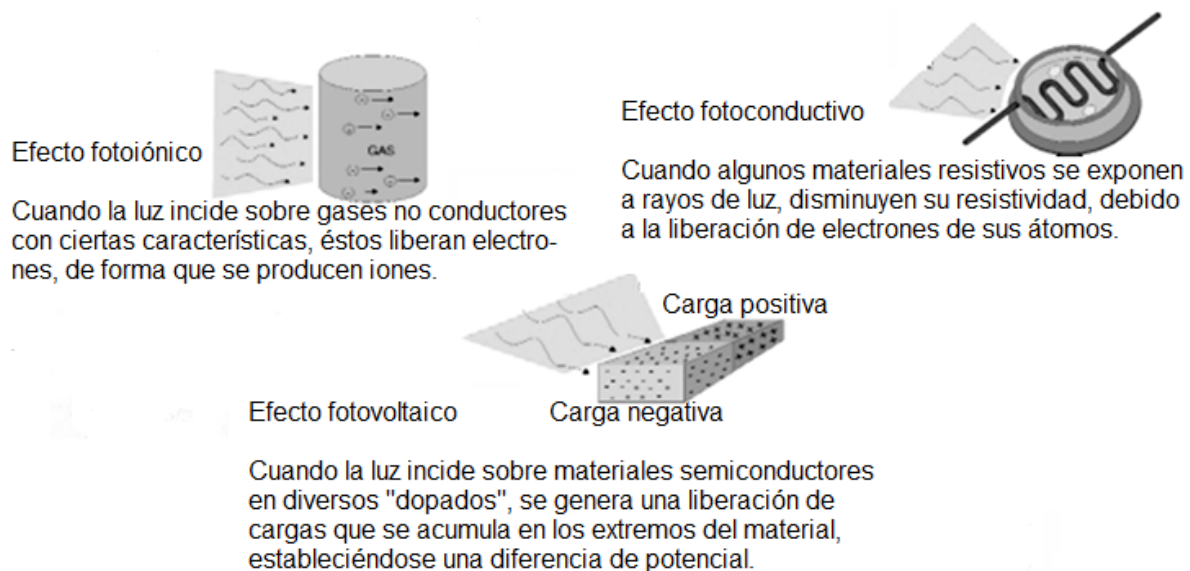


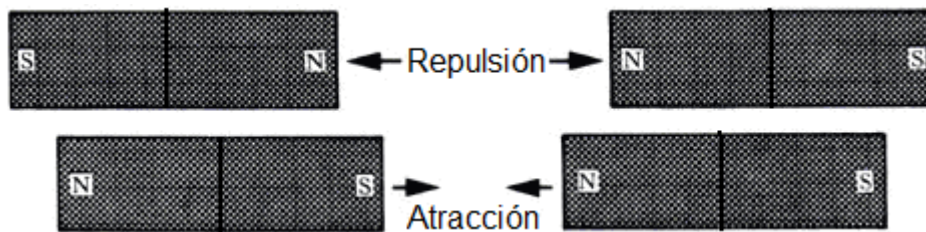
Figura 1.23.- Efecto fotoeléctrico.

Los dispositivos fotosensibles son muy utilizados en los sistemas de seguridad.

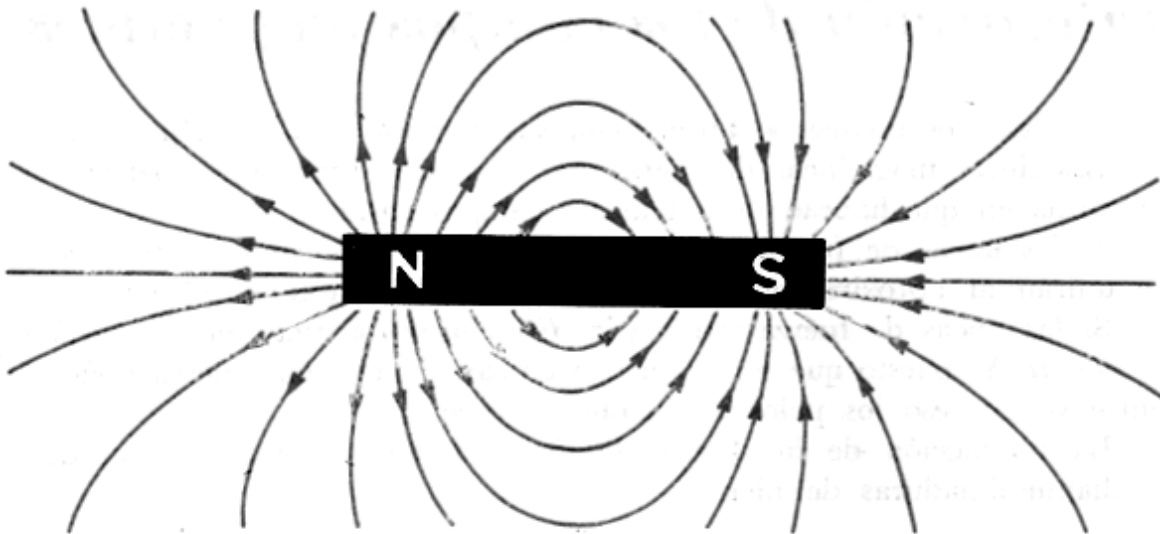
#### 1.D.7.f.- POR MAGNETISMO

El magnetismo es una forma de energía capaz de atraer metales; generalmente, para referirnos a un material magnético le llamamos imán. Un imán cuenta con dos polos: polo norte y polo sur. Al igual que las cargas, los polos iguales se repelen y los polos distintos se atraen (Figura 1.24a), estableciéndose un campo de fuerza llamado campo magnético, que está formado por fotones pero de frecuencia distinta a la de la luz. Los campos magnéticos se representan con líneas de fuerza llamadas líneas de campo magnético (Figura 1.24b).

Existen materiales no magnéticos (no permiten el paso de las líneas de campo magnético) como el vacío, materiales ferromagnéticos (fuertemente magnéticos) como el hierro, materiales diamagnéticos (débilmente magnéticos) como la plata, y materiales paramagnéticos (presentan un magnetismo significativo, pero menor a un material ferromagnético) como el aluminio.



(a)



(b)

Figura 1.24.- (a) Interacción entre campos magnético. (b) Líneas de campo magnético.

Un campo magnético existe en una región del espacio si una carga que se mueve ahí experimenta una fuerza debida a su movimiento. Su unidad de medida es la Tesla (T). La fuerza que experimenta la carga es:

$$F = qvB\text{sen}\theta$$

Donde:

$F$  es la fuerza que experimenta la carga en Newtons (N).

$q$  es la carga en Coulombs (C).

$v$  es la velocidad de la carga en metros por segundo  $\left(\frac{m}{s}\right)$ .

$B$  es la intensidad de campo magnético Teslas (T).

$\theta$  es el ángulo entre las líneas de campo y la velocidad.

La Tierra podría considerarse como un imán gigantesco, cuyos polos magnéticos se encuentran muy cercanos a los polos geográficos. Pero sus polos están invertidos: el polo norte geográfico esta cercano al polo sur magnético, y el polo sur geográfico esta cercano al polo norte magnético (Figura 1.25a). Una de las más grandes invenciones de la historia, en el campo del magnetismo, es la brújula (Figura 1.25b).

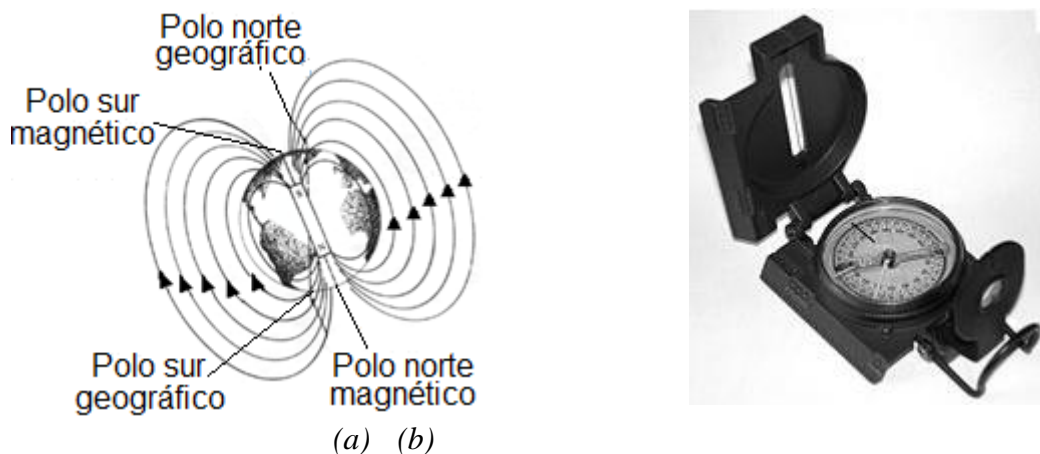


Figura 1.25.- (a) Campo magnético terrestre. (b) La Brújula moderna.

La electricidad y el magnetismo están fuertemente relacionados; cuando un alambre conductor cruza perpendicularmente las líneas de fuerza magnética de un imán, los fotones del campo obligan a los electrones de dicho conductor a moverse y, dado que en uno de sus extremos se produce un acumulamiento de electrones y en el otro una falta de éstos, se obtiene un conductor con un extremo positivo y otro negativo. Este fenómeno se conoce como magnetoelectricidad (Figura 1.26).

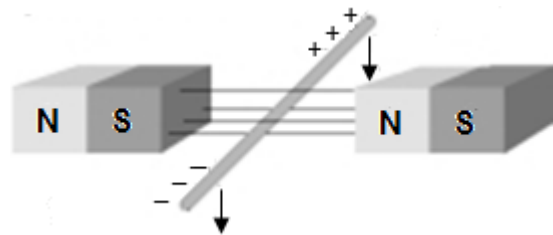


Figura 1.26.- Magnetoelectricidad.

Este principio es de los más utilizados para generar electricidad, ya que una de sus aplicaciones es en los generadores eléctricos que, entre otras cosas, se utilizan para obtener la energía eléctrica que se distribuye a distintas ciudades.

### 1.D.8.- EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

La corriente eléctrica es capaz de producir los mismos efectos que la pueden generar, a excepción de la fricción. A continuación se explicarán algunos de los efectos más significativos que produce la corriente eléctrica.

#### 1.D.8.a.- EFECTO TÉRMICO

Todos los materiales tienen un cierto valor de resistencia, aun tratándose del mejor conductor, y esto hace que las cargas gasten energía para transitar a través de él; debido al esfuerzo que realizan se produce una agitación en sus átomos (Figura 1.27), de modo que la energía que se pierde lo hace en forma de calor (Efecto Joule). A mayor agitación de los átomos, mayor será el calor generado. El calor producido depende tanto de la cantidad de corriente que circule a través del conductor como de su resistencia.

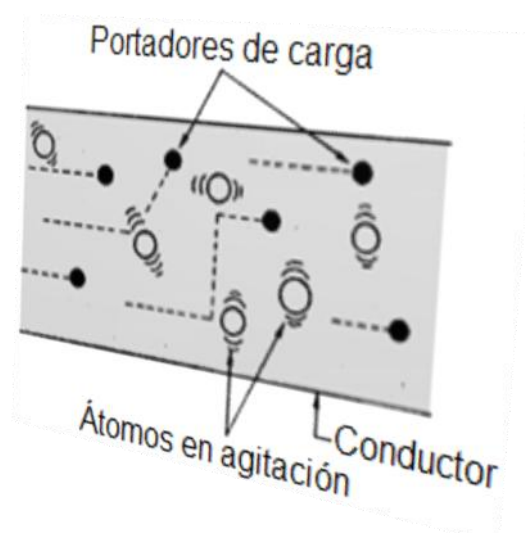


Figura 1.27.- Efecto térmico.



Aunque este efecto se trate de reducir en circuitos electrónicos, se aprovecha para diseñar otro tipo de aparatos como calefactores, planchas, tostadoras, hornos eléctricos, etc.

#### 1.D.8.b.- EFECTO LUMINOSO

Si se calienta un cuerpo a muy altas temperaturas, puede emitir luz visible. Ahora bien, muchos conductores no muy buenos logran calentarse con la corriente a tal grado, que se ponen al rojo vivo, o incluso hasta emitir luz blanca; pero calentar un cuerpo a tan alta temperatura al aire libre resulta complicado, ya que podría romperse por la acción del oxígeno presente, debido a que se produce una combustión. Si se logra aislar el oxígeno por medio de un encapsulamiento del conductor se podrá obtener el efecto luminoso, este es el principio de la lámpara incandescente (foco). Las lámparas actuales poseen un filamento de un metal que soporta temperaturas muy elevadas, que es el tungsteno, y la atmósfera del interior está constituida por gases inertes, el paso de corriente por el filamento lo calienta y produce luz (Figura 1.28).

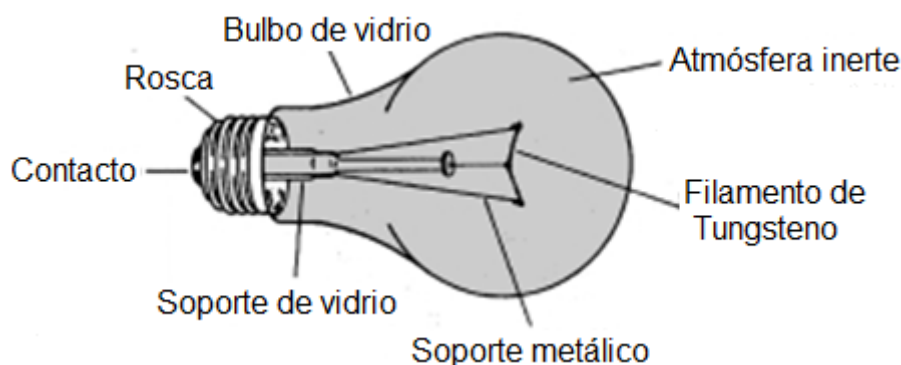


Figura 1.28.- Lámpara incandescente actual.

Existe otra manera de producir el efecto luminoso, es por medio de la ionización de algunos gases como el argón, el xenón, el neón, entre otros. Al colocarlos en tubos y aplicarles un voltaje elevado ocasiona el desprendimiento de electrones de sus átomos y cuando vuelven a su estado natural emiten luz; es lo que sucede con las lámparas de neón y las lámparas fluorescentes. En las lámparas fluorescentes se emite luz ultravioleta, la cual no es visible para el ser humano. Por lo que se coloca una fina capa de tinte especial que pasa por la cara interior del tubo para que la luz ultravioleta se convierta en luz visible (Figura 1.29).



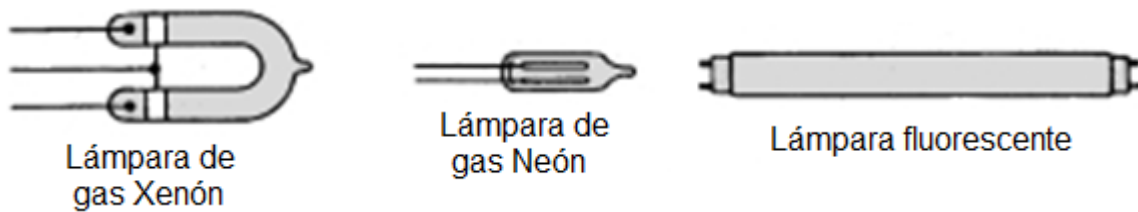


Figura 1.29.- Fluorescencia.

La fosforescencia se da cuando un haz de electrones incide sobre algunos tipos de fósforo y otros materiales especiales, en el cinescopio de televisión se aplica este principio (Figura 1.30).

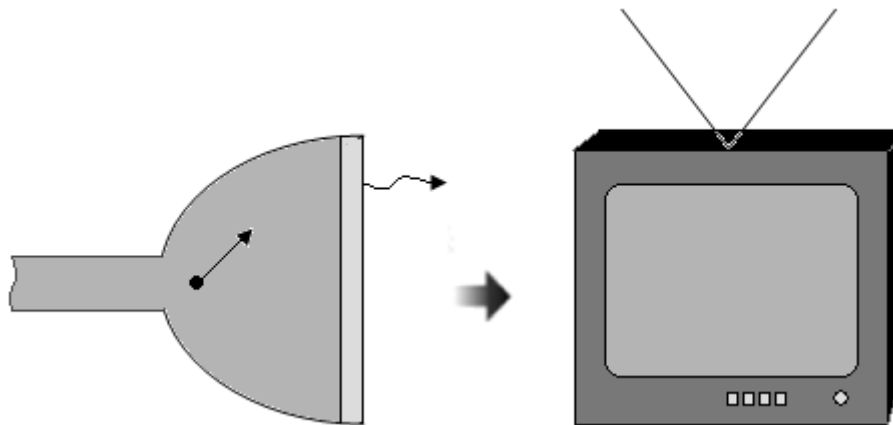


Figura 1.30.- Fosforescencia

### 1.D.8.c.- EFECTO QUÍMICO

El flujo de corriente eléctrica sobre ciertas sustancias es capaz de descomponerlas en los elementos que las conforman, este proceso se llama electrólisis, y es un fenómeno químico ya que se produce una alteración de la naturaleza de la sustancias.

Por ejemplo, si se quiere separar el agua en los elementos que la conforman (hidrógeno y oxígeno), se agrega un poco de ácido sulfúrico y el agua se vuelve conductora. A continuación, se conectan dos cables a esa solución y mediante una batería se hace circular corriente, se notará que en los extremos pelados de los cables aparecen burbujas de gas que se desprenden, atrapando el gas de cada extremo en tubos y analizando cada uno, se comprobará que un gas es hidrógeno y el otro oxígeno; el ácido sulfúrico permanece inalterado debido a que sólo sirve para movilizar las cargas que forman la corriente (Figura 1.31).

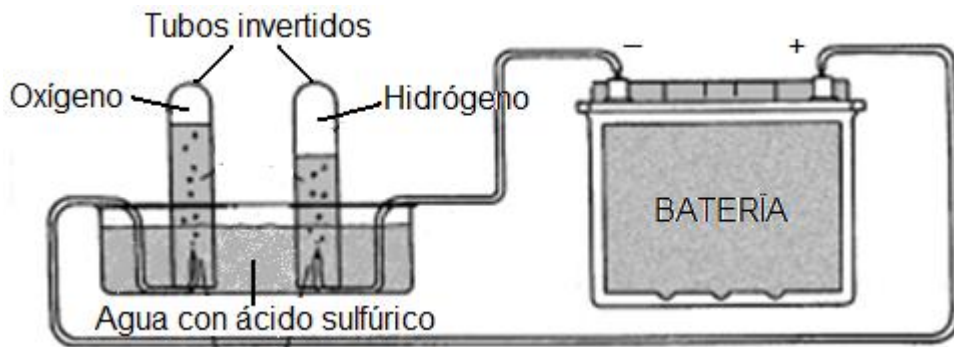


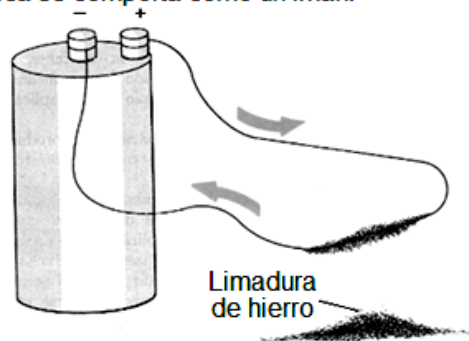
Figura 1.31.- Electrólisis del agua.

Otro fenómeno en que se observa el efecto químico de la corriente es llamado galvanoplastia, y se utiliza para depositar una fina película de metal sobre un cuerpo unido al polo negativo de una batería, como puede ser el cromo, de forma que se obtiene un metal cromado. Y un ejemplo más es la corriente que se aplica a las baterías para “recargarlas”.

#### 1.D.8.d.- EFECTO MAGNÉTICO

Cuando se aplica corriente eléctrica a un conductor se genera a su alrededor un campo magnético, este principio se cumple siempre que exista una corriente. Además, el conductor adquiere las propiedades de un imán (Figura 1.32). Como se había mencionado, el campo magnético, al igual que el campo eléctrico, se representa con líneas de fuerza, sólo que para este caso las líneas van alrededor del conductor por el que atraviesa la corriente, y la dirección de esas líneas se puede establecer por la regla de la mano derecha (Figura 1.33).

Un conductor por el que circula corriente eléctrica se comporta como un imán.



Cuando se desconecta el conductor de la batería, el conductor deja de comportarse como un imán.

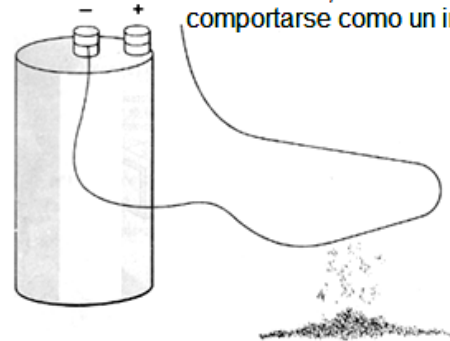


Figura 1.32.- Un conductor se puede comportar como imán mientras se le suministra corriente eléctrica.

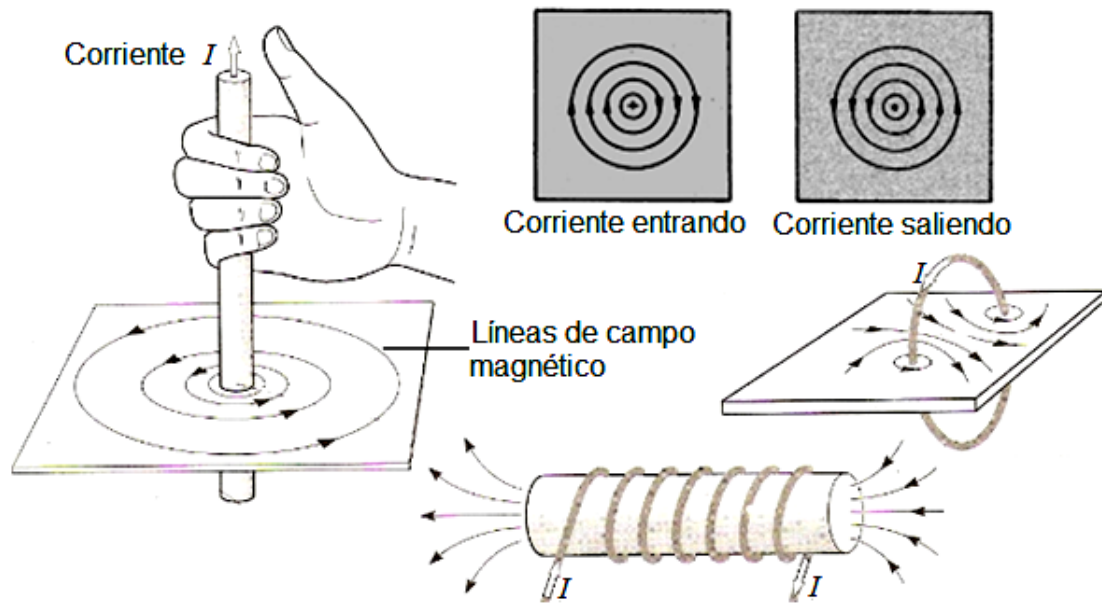


Figura 1.33.- Regla de la mano derecha y líneas de campo magnético.

Este fenómeno se llama electromagnetismo y se utiliza en: motores, generadores, transformadores, relevadores, imanes artificiales, entre muchas aplicaciones más (Figura 1.34).

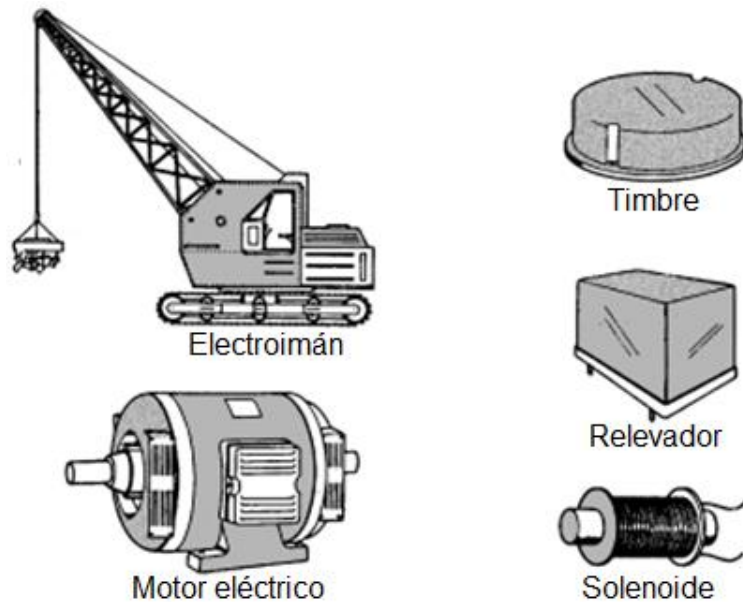
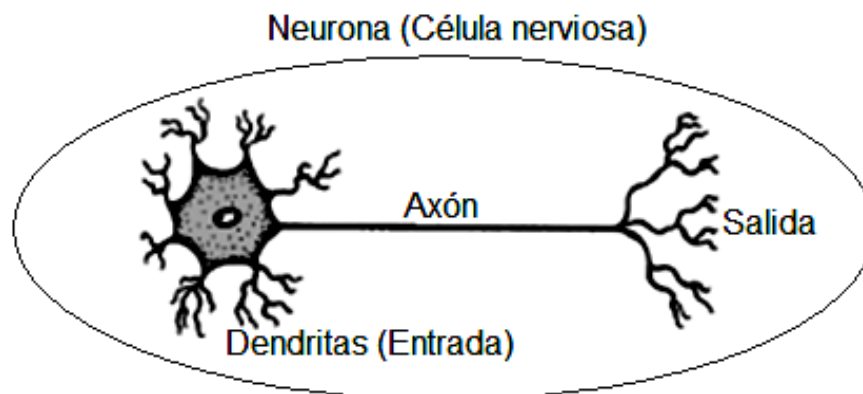


Figura 1.34.- Aplicaciones de electromagnetismo.

### 1.D.8.e.- EFECTO FISIOLÓGICO

El cuerpo humano se comporta como un conductor ante la aplicación de la corriente eléctrica, en él existe un medio acuoso con muchas sales minerales disueltas. Por otro lado, nuestro sistema nervioso funciona a base de señales eléctricas que llegan al cerebro, que procesa la información y envía las señales de respuesta a todo el cuerpo. Las células nerviosas (neuronas) son las encargadas de hacer llegar la información tanto al cerebro como a las zonas donde se presentó el estímulo por medio de impulsos nerviosos (señales eléctricas).

Los impulsos entran por terminaciones llamadas dendritas y salen por una terminación llamada axón, las cuales forman parte de una neurona (Figura 1.35). Una verdadera red de neuronas se encarga de informar al cerebro sobre todo lo que pasa en nuestro cuerpo, son los sensores del ser humano. De manera que señales eléctricas llevan y traen las informaciones que hacen funcionar nuestro organismo. Sin embargo, las corrientes que provienen de una fuente externa pueden interferir fácilmente con el funcionamiento de nuestro organismo y causar sensaciones desagradables, dolores e incluso la muerte; aunque también la aplicación de corriente eléctrica se utiliza en procesos terapéuticos para tratamientos medicinales.



*Figura 1.35.- Las neuronas son los sensores del cuerpo humano.*

En el caso de una descarga eléctrica, es decir, cuando se toca un cable que conduce corriente, ésta puede circular a través del cuerpo, en busca de llegar a tierra, que se encuentra a un potencial más bajo (Figura 1.36). Si la corriente es débil, la sensación es un hormigueo que estimula el sistema nervioso; si es muy fuerte puede producir dolor, quemaduras y hasta la muerte.



Figura 1.36.- El cuerpo humano puede conducir la corriente eléctrica.

Algunas situaciones que se pueden presentar cuando una persona recibe una descarga eléctrica pueden ser: la parálisis de la persona, es decir, tiene la sensación de estar "pegada" al cable o al aparato que produce la descarga. El fuerte estímulo que actúa sobre los músculos hace que éstos se contraigan, o distiendan, y arrojen lejos a la persona. En la figura 1.37 se muestra el umbral de corriente que puede causar la muerte en un ser humano.

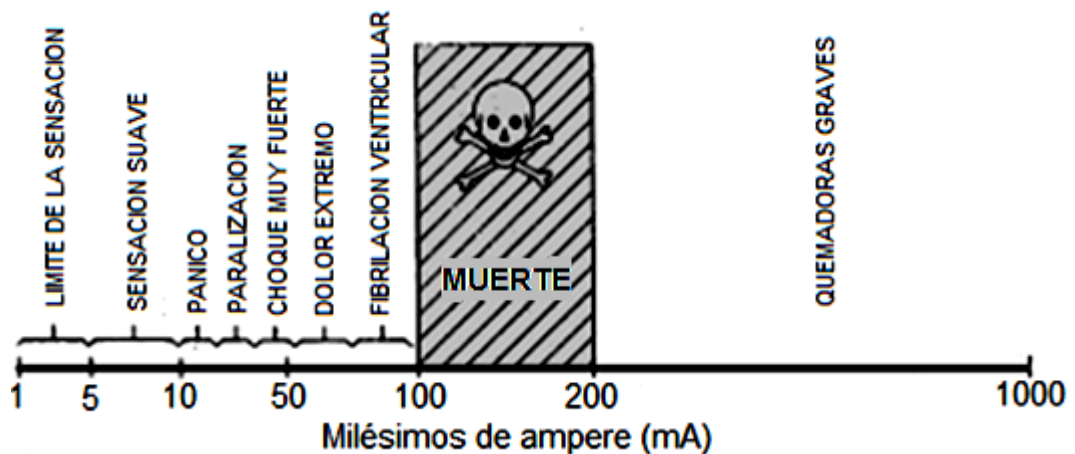


Figura 1.37.- Efectos de la corriente en el ser humano



# *CAPÍTULO 2:* *ELECTRÓNICA*



## 2.A.- INTRODUCCIÓN

Si bien la electrónica forma parte de la electricidad, es bueno identificarlas y saber cuál es la diferencia entre una y otra. Podríamos ayudarnos comparando un aparato eléctrico (un motor, una plancha, una tostadora, etc.) con uno electrónico (televisión, reproductor DVD-*Disco Versátil Digital*, computadora personal, etc.), la gran diferencia que encontramos es la función que cumplen, ya que, mientras un aparato eléctrico tiene como objetivo principal producir trabajo mecánico o entregar energía en forma de calor o luz, el aparato electrónico tiene que procesar la energía eléctrica para realizar su función. La electrónica aprovecha la energía eléctrica procesándola de tal forma que se obtengan señales de audio, video, datos, etc.

Gracias al estudio de las propiedades eléctricas de los materiales semiconductores, se han desarrollado sistemas electrónicos cada vez más pequeños, más veloces y con menos consumo de energía.

## 2.B.- BREVE HISTORIA DE LA ELECTRÓNICA

Los orígenes de la electrónica se inician con la invención de la lámpara incandescente por Thomas Alva Edison, quien observó que en su lámpara incandescente había un punto sobre la superficie del vidrio que se calentaba más que otras zonas. En dicho punto colocó una pequeña placa de metal unida a un cable conductor, y luego conectó el cable al polo positivo de la batería; por último se dio cuenta que a través del conductor circulaba una corriente. A este fenómeno le llamó emisión termoiónica debido a que, por efectos del calor, se producían iones negativos (electrones) que eran atraídos hacia la placa positiva.

El investigador inglés John Ambrose Fleming aplicó el efecto descubierto por Edison, en 1905, dando lugar al tubo de vacío llamado diodo, formado por tres elementos: un filamento que generaba calor, un cátodo revestido de un material que permitía una mayor producción de electrones, y una placa (ánodo). El diodo dejaba fluir la corriente eléctrica desde el cátodo hacia el ánodo, pero no en sentido opuesto. En 1906, el estadounidense Lee de Forest añadió un tercer electrodo (rejilla) con el cual se podía controlar el flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo, fue llamado triodo. Estos dos hallazgos marcaron el campo experimental de la electrónica.

Pero sin duda alguna, el estudio de los semiconductores y la invención del transistor en 1947, por John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Bradford Shockley, de los laboratorios Bell Telephone, marcan la pauta para los grandes avances en la electrónica actual. Un transistor es un dispositivo electrónico que entre otras aplicaciones sirve como amplificador, oscilador, conmutador o rectificador, sustituyendo al tubo de vacío por las enormes ventajas que ofrece, por citar algunas, el tamaño y la menor disipación de potencia.

La invención del transistor ha permitido el desarrollo de los circuitos integrados (IC-Integrated Circuit), dando lugar a la miniaturización de los circuitos electrónicos, y con esto, a la reducción de los tamaños y aumento de aplicaciones de los distintos aparatos que existen. En la actualidad, se pueden encontrar IC's que cuentan con millones de transistores en áreas equivalentes a la uña de un pulgar. En la figura 2.1 se muestran algunos de los acontecimientos que han marcado la historia de la electrónica.

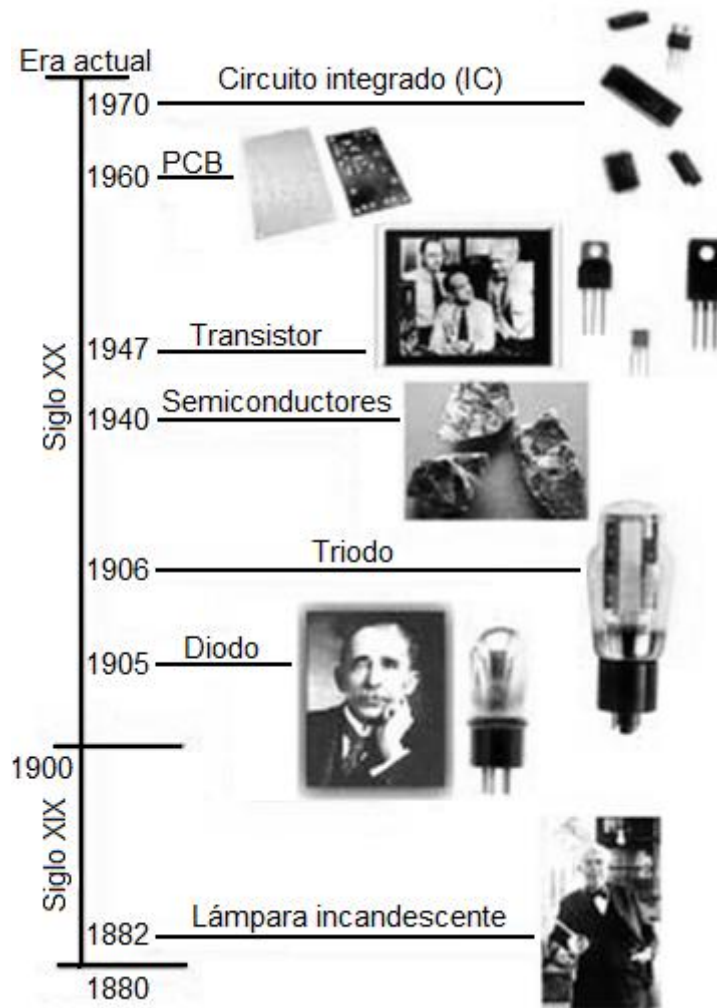


Figura 2.1.- Descubrimientos que han marcado la historia de la electrónica.

## 2.C.- ELECTRÓNICA

La electrónica forma parte de la electricidad y, por lo tanto, de la física. En un enfoque más actual, es el campo de la ingeniería que estudia el aprovechamiento del flujo de electrones en dispositivos hechos a base de semiconductores, para generar, transmitir, recibir y almacenar información en forma de señales eléctricas. Cuenta con un gran campo de aplicación en distintas áreas (Figura 2.2).





*Figura 2.2.- Algunas aplicaciones de la electrónica.*

Los circuitos electrónicos están constituidos por elementos activos y pasivos. Entre los pasivos están las resistencias, los capacitores y los inductores. En los activos se incluyen las fuentes de voltaje, fuentes de corriente, diodos, transistores, IC's, etc.

### **2.C.1.- RESISTORES**

La resistencia como dispositivo, es un elemento pasivo de dos terminales que se opone al flujo de la corriente eléctrica, recibe el nombre de resistor, su valor de resistencia es fijo, no tienen polaridad y su función es limitar la corriente dentro de un circuito.

Por su composición, los resistores se dividen en:

- a) Resistores de composición de carbón (Figura 2.3a).*- Se fabrican mezclando polvo de carbón y un aglomerante hasta darle forma de barra, para fijar las terminales. Después, se encapsula con una resina fenólica o baquelita para protegerlo de la humedad y la temperatura, tiene un rango de valores de resistencia entre 1 y  $22\text{M}\Omega$  (Megaohms). En electrónica son los más usados por su bajo costo.
- b) Resistores de película metálica (Figura 2.3b).*- Se fabrican depositando una película metálica, a alta temperatura, sobre un tubo de vidrio, al que se fijan las terminales y se encapsula. Tienen un alto costo y se usan cuando se necesita una gran exactitud en el valor de resistencia, por ejemplo, en instrumentos electrónicos.
- c) Resistores de alambre (Figura 2.3c).*- Se fabrican enrollando un alambre hecho de aleaciones de cromo, níquel, etc., sobre un cilindro de cerámica. El

conjunto se recubre de barniz, para protegerlo de la humedad y temperatura. Son grandes y se utilizan para la conducción de altas corrientes. El rango de valores de resistencia está entre 1 y 100k $\Omega$ .

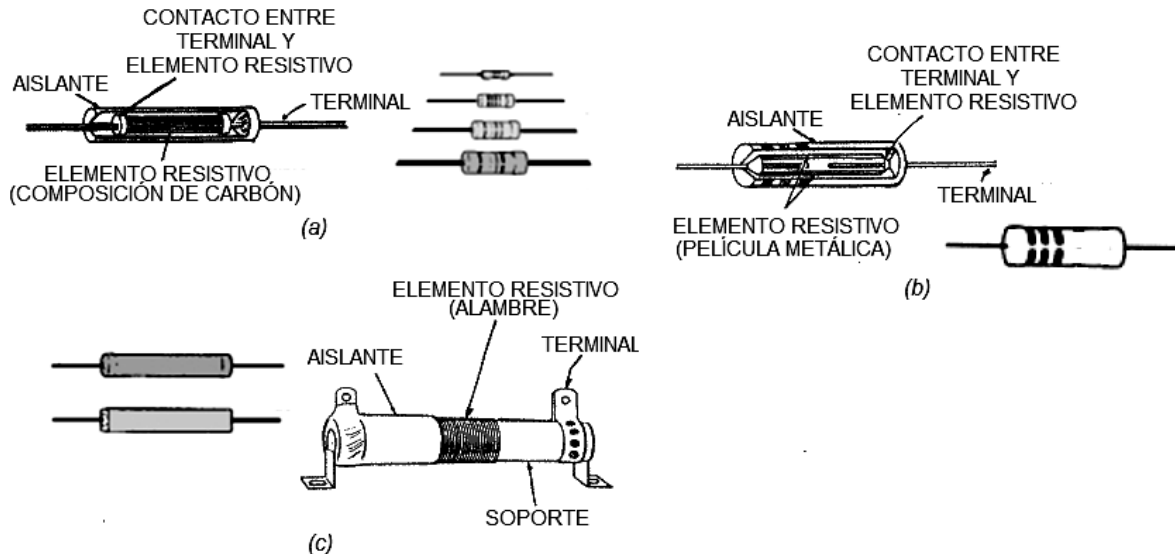


Figura 2.3.- (a) Resistores de composición de carbón. (b) Resistores de película metálica. (c) Resistores de alambre.

La potencia que un resistor puede soportar, antes de que se quemara por una corriente excesiva, se reconoce por su tamaño. A mayor tamaño, mayor es la potencia que soporta en Watts (W). Los resistores de carbón se fabrican de  $\frac{1}{8}W$ ,  $\frac{1}{4}W$ ,  $\frac{1}{2}W$ , 1W y 2W, el tamaño aumenta gradualmente con la potencia. Los de película metálica pueden disipar hasta 1W. Para mayores potencias se utilizan resistores de alambre.

También existen los resistores variables, es decir, que se puede variar su valor de resistencia dentro de un rango de valores, al girar un cursor; entre los resistores variables se encuentran los potenciómetros, los presets y los trimpots.

Los potenciómetros están constituidos por una pista circular de carbón desplazándose por un contacto móvil unido a un eje vertical (Figura 2.4a). Los extremos de la pista de carbón y el cursor tienen una conexión a terminales, de tal forma que la resistencia entre una de las terminales y el cursor depende de la posición de éste. Los potenciómetros pueden ser lineales o logarítmicos. En los lineales, la variación de resistencia es proporcional al ángulo girado por el cursor. Y en los logarítmicos, la variación es logarítmica, esto hace que, al inicio, la resistencia varíe con rapidez con el ángulo de giro, después, la variación será más lenta. Una aplicación de estos dispositivos es en el control de volumen de radios y televisiones.

Los presets se ajustan una sola vez hasta lograr la posición requerida, y no tienen posibilidad de ser variados por los usuarios. El tamaño es reducido y cuenta con una ranura

en el contacto móvil para ser ajustado por un desatornillador (Figura 2.4b). Finalmente, los trimpots son utilizados cuando se requiere mayor exactitud en la variación, cuentan con un pequeño tornillo para establecer el valor requerido (Figura 2.4c).

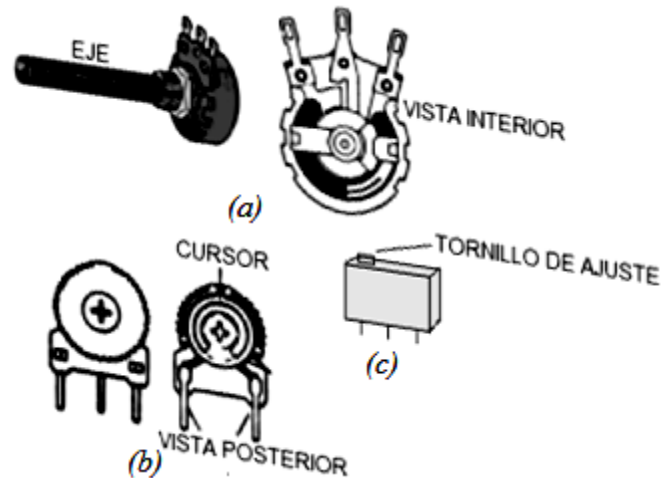


Figura 2.4.- (a) Potenciómetro. (b) Preset. (c) Trimpot.

### 2.C.2.- CAPACITORES

Un capacitor es un dispositivo que puede almacenar carga eléctrica, la mayoría de las veces consiste en dos conductores encapsulados y separados entre sí por un material aislante o dieléctrico (Figura 2.5). La propiedad de almacenar carga por un elemento conductor se llama capacitancia.

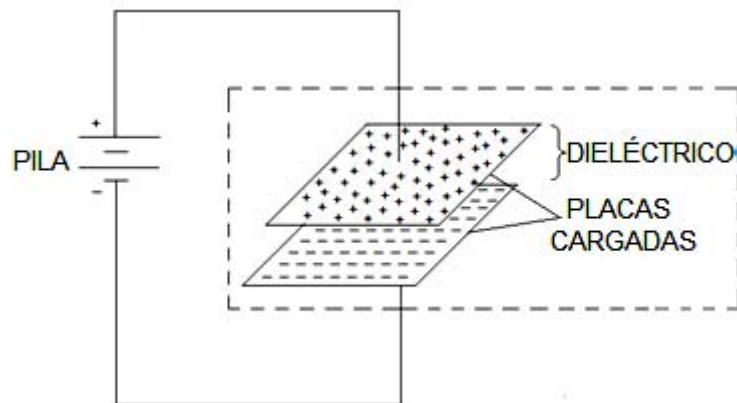


Figura 2.5.- Construcción básica de un capacitor.

La capacitancia es la relación entre la carga almacenada en un conductor y el voltaje aplicado, su unidad de medición es el Faradio (F):

$$C = \frac{q}{V}$$

Donde:

C es la capacitancia en Faradios (F).

q es la carga almacenada en el conductor en Coulombs (C).

V es el voltaje aplicado en Volts (V).

En un capacitor de placas paralelas, la capacitancia se obtiene con la ecuación:

$$C = K\varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

Donde:

C es la capacitancia en Faradios (F).

K es la constante dieléctrica del material aislante; es adimensional.

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \left[ \frac{C^2}{N \cdot m^2} \right] = 8.85 \times 10^{-12} [F/m]; \text{ y es la permisividad del}$$

vacío.

A es el área de cada una de las placas en metros cuadrados ( $m^2$ ).

d es la distancia entre las placas en metros (m).

A continuación se describen los distintos tipos de capacitores:

a) *Capacitores de papel y aceite (Figura 2.6).*- Son capacitores tubulares, donde, los de papel se enrollan alternadamente dos hojas de aluminio que forman el dieléctrico y se coloca entre ellas un aislante que puede ser una tira de papel seco; y los de aceite, simplemente el papel está humedecido con aceite. Estos capacitores tienen las siguientes características: son relativamente chicos en relación a su capacidad, tienen buena aislación a tensiones altas, pueden obtenerse en una banda buena de altas tensiones, su gama de valores es apropiada para la mayoría de las aplicaciones electrónicas. Éstos se usan en los circuitos de bajas frecuencias y corriente continua.

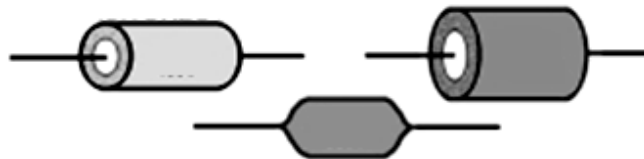


Figura 2.6.- Capacitores de papel y aceite.

b) *Capacitores de poliéster y policarbonato (Figura 2.7).*- El poliéster y el policarbonato son termoplásticos que presentan excelentes propiedades aislantes y cuentan con una buena constante dieléctrica, por lo que se utilizan en la fabricación de capacitores, éstos pueden ser planos o tubulares. Tienen como características: amplia gama de valores en dimensiones reducidas del elemento, en relación a la capacidad, al igual que tensiones elevadas, muy buena aislación,

banda de tolerancias según las aplicaciones prácticas en electrónica. Los capacitores de poliéster y policarbonato pueden usarse en circuitos de bajas frecuencias, corriente continua y aplicaciones generales.

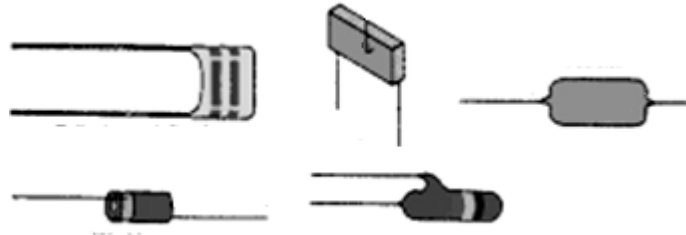


Figura 2.7.- Capacitores de poliéster y policarbonato.

c) *Capacitores de poliestireno* (Figura 2.8).- El poliestireno es un termoplástico que tiene excelentes propiedades aislantes, que se puede encontrar con distintos nombres según el fabricante, como: styron, lustrex, rexolite, polypenco. Estos capacitores pueden ser de estructura plana o tubular. Algunas de sus características son: tamaño reducido en relación a la capacidad, buena estabilidad térmica, voltajes de trabajo elevados, tolerancia baja, muy buena aislación, adecuados para operar en circuitos de altas frecuencias. Se utilizan principalmente en circuitos de radiofrecuencia (RF) y aplicaciones que exijan alta estabilidad.

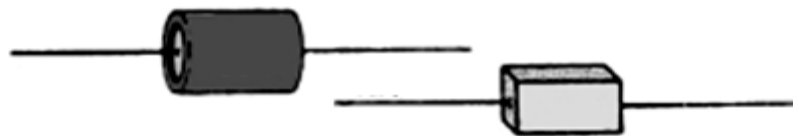


Figura 2.8.- Capacitores de poliestireno.

d) *Capacitores cerámicos* (Figura 2.9).- La cerámica tiene excelentes propiedades dieléctricas, por lo cual, se fabrican grandes cantidades de estos capacitores. Tienen como características: relativamente pequeños en relación a la capacidad, banda amplia de tensiones de operación, adecuados para operar en circuitos de altas frecuencias, buena tolerancia para aplicaciones que necesitan precisión. Son de los más utilizados en electrónica, se utilizan en los circuitos de altas frecuencias, audio y corriente continua.

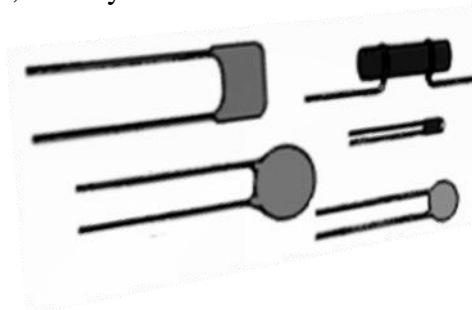


Figura 2.9.- Capacitores cerámicos.

e) *Capacitores electrolíticos (Figura 2.10a).*- Tienen una técnica de construcción muy diferente en relación con otro tipo de capacitores, por ejemplo, en la construcción de un electrolítico de aluminio, éste, al ponerse en contacto con una sustancia electrolítica, es atacado y se forma en su superficie una película aislante, de manera que el material presenta una constante dieléctrica muy alta, pero su espesor es de sólo milésimos de milímetro, lo que garantiza la obtención de capacidades muy elevadas (Figura 2.10b). Estos capacitores cuentan con una característica que los diferencia de otros tipos de capacitores; y es, que la placa positiva debe cargarse siempre con cargas de ese signo, o de otro modo podría destruirse la película dieléctrica, dañándose el capacitor. Las principales características son: tamaño pequeño en relación a la capacidad, banda de capacidades que llega a valores muy altos, la corriente de fuga es relativamente alta, tienen polaridad, la capacidad aumenta a medida que el capacitor envejece, tiene una duración limitada, la capacidad varía ligeramente con el voltaje. Se usan en circuitos de frecuencias bajas, uso general y corriente continua.

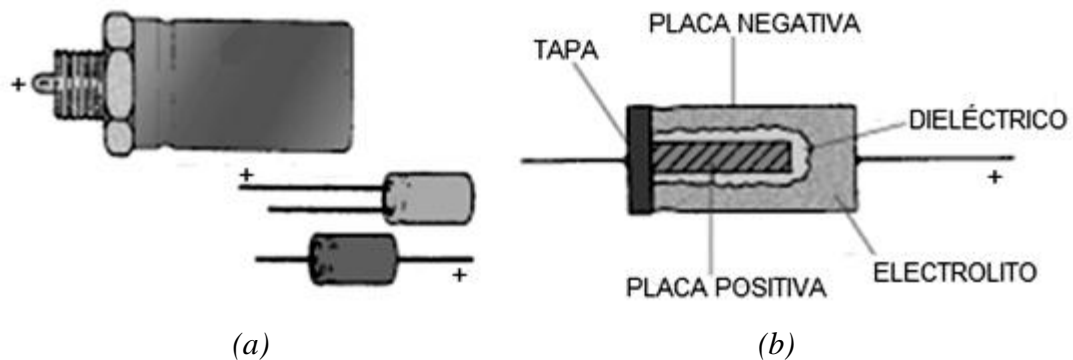


Figura 2.10.- (a) Capacitores electrolíticos. (b) Construcción de un capacitor electrolítico.

f) *Capacitores regulables o ajustables.*- Son aquellos en los que se puede variar la capacidad; en este tipo de capacitores, se ajusta la capacidad hasta llegar al valor de operación deseado. Para variar la capacidad se debe alterar cualquiera de los siguientes factores: tamaño de las placas, separación entre las placas, existencia o no de un material entre las placas. El capacitor ajustable más común es el trimmer de base de porcelana; está formado por una base de porcelana en la que están montadas dos placas, una móvil y otra fija, el dieléctrico es una hoja fina de plástico o mica. El ajuste se realiza mediante un tornillo, que hace que la placa móvil se aproxime o se aleje de la placa fija (Figura 2.11). Se usan en equipos de radio, transmisores, receptores, generadores de señales, etc.

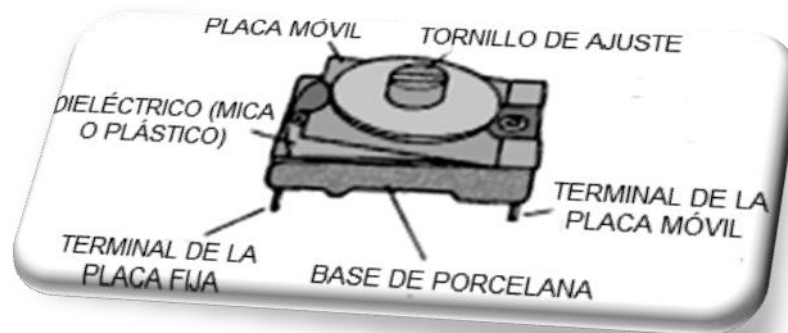


Figura 2.11.- Construcción de un Trimmer.

g) *Capacitores variables.*- Funcionan bajo el mismo principio que los trimmers, sólo que, en estos capacitores, se tiene un acceso más fácil al eje de variación, de manera que se puede variar la capacidad siempre que se desee cambiar el funcionamiento del circuito. Cuentan con un conjunto de placas móviles y otro de placas fijas, mediante un eje se controlan las placas móviles, variando la superficie efectiva y la distancia entre placas, con ello, también la capacidad (Figura 2.12). Se usan en radios de ondas medias y cortas, por ejemplo, que operan en la banda FM (Frecuencia modulada).

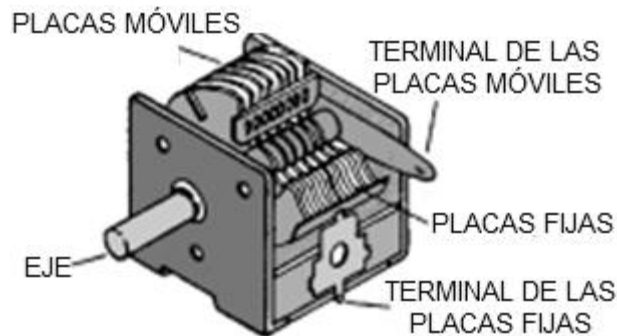


Figura 2.12.- Construcción de un capacitor variable.

### 2.C.3.- BOBINAS

El campo magnético creado por una corriente que recorre un conductor rectilíneo es muy débil. Para aplicaciones que requieren un campo magnético más intenso utilizando menos corriente puede enrollarse un conductor para formar lo que se llama bobina o solenoide (Figura 2.13a). Cada vuelta de alambre se comporta como un conductor separado y el conjunto tiene como efecto la suma de los campos generados; la bobina se comporta como un imán. Si se coloca un núcleo de hierro en el interior de una bobina, el campo magnético se incrementa, y se conoce como electroimán (Figura 2.13b).



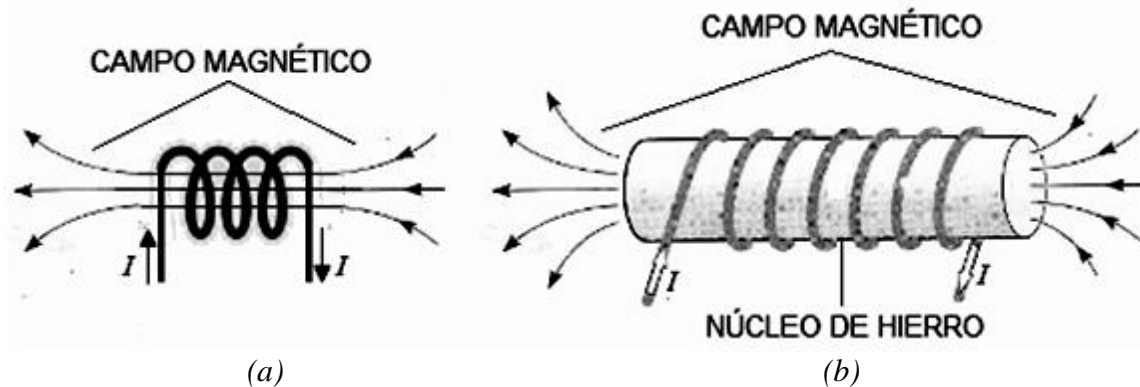


Figura 2.13.- (a) Bobina. (b) Electroimán.

### 2.C.3.a.- RELEVADORES

Un relevador es un interruptor electromagnético que consta de un electroimán y dos contactos, uno móvil y otro fijo, aunque los más utilizados constan de un contacto móvil y dos fijos; cabe mencionar que no hay unión entre el electroimán y los contactos (Figura 2.14). Para el primer caso, cuando no circula corriente por la bobina, los contactos permanecen abiertos; cuando se hace pasar corriente por la bobina, el campo magnético atrae al contacto móvil, uniéndolo con el contacto fijo, cerrando el circuito en el cual está colocado. En el segundo caso, el principio de funcionamiento es el mismo, la diferencia es que ahora se alterna entre dos posiciones, que se conocen como: circuito normalmente abierto (NA) y circuito normalmente cerrado (NC).

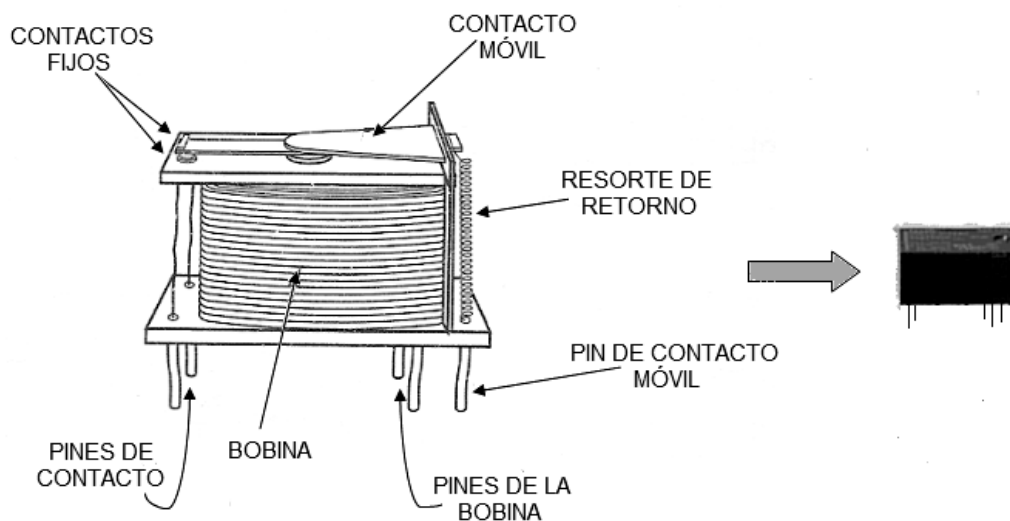


Figura 2.14.- Construcción de un relevador común.

Otro tipo de relevador es el llamado reed-relé o reed switch, está formado por un interruptor de láminas encapsuladas en un tubo de vidrio lleno de gas inerte que evita que



las chispas que se producen durante el cierre y apertura de los contactos causen daño al dispositivo; la bobina se encuentra sobre el tubo de vidrio (Figura 2.15). Pueden soportar corrientes intensas y se acciona cuando se produce un campo magnético cerca del dispositivo. Los relevadores son muy utilizados en circuitos de conmutación automática.

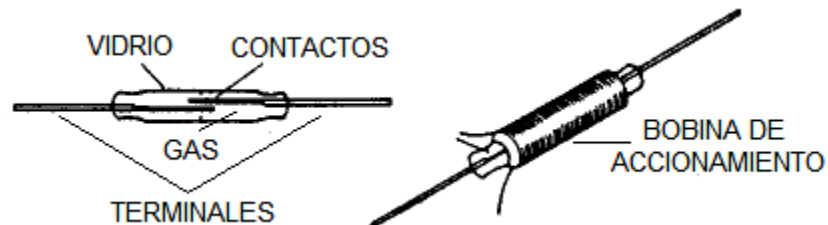


Figura 2.15.- Reed switch.

### 2.C.3.b.- INDUCTANCIA

La inductancia es la oposición o inercia que presenta un conductor a las variaciones de la intensidad de corriente eléctrica, si se forma una bobina con dicho conductor, la inductancia aumenta. La inductancia depende del flujo magnético y de la corriente que pasan por la bobina en un tiempo determinado. Su unidad de medida es el Henrio (H).

$$L = \frac{\Phi(t)}{i(t)}$$

Donde:

$L$  es la inductancia en Henrios (H).

$\Phi$  es el flujo magnético en Webers (Wb).

$i$  es la corriente en Amperes (A).

$t$  es el tiempo en segundos (s).

Si la corriente de una bobina cambia, el flujo a través de ella también lo hará, y como resultado se induce un voltaje en la bobina:

$$v(t) = L \frac{di}{dt}$$

$$v(t) = L \frac{di}{dt}$$

Siendo que:

$v$  es el voltaje inducido en Volts (V).

$L$  es la inductancia en Henrios (H).

$i$  es la corriente en Amperes (A).

$t$  es el tiempo en segundos (s).

La energía almacenada en un inductor debido al trabajo realizado para incrementar la corriente es:

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

Ya que:

$W$  es la energía almacenada en Joules (J).

$L$  es la inductancia en Henrios (H).

$I$  es la corriente en Amperes (A).

Los inductores son bobinas que pueden tener diversas características de construcción, que dependerá de la aplicación para la que se requiera. Por ejemplo, hay inductores encapsulados, variables, sin núcleo, con núcleo, etc. (Figura 2.16). Para aplicaciones en frecuencias elevadas tienen inductancias que van desde unos pocos micro-Henrios ( $\mu\text{H}$ ) hasta algunos mili-Henrios (mH); para frecuencias medias y bajas pueden tener inductancias de hasta algunos Henrios (H).

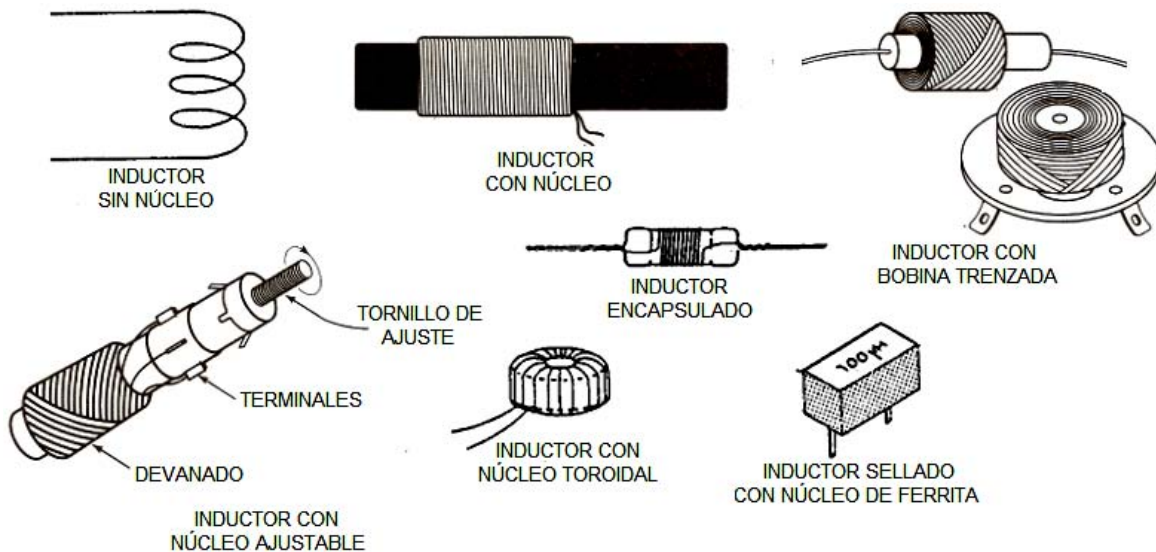


Figura 2.16.- Diferentes tipos de inductores.

### 2.C.3.c- TRANSFORMADORES

Una bobina puede inducir un voltaje en otra bobina debido al campo magnético generado; bajo este principio se rigen los transformadores. Un transformador consta de una bobina o devanado primario, uno o más devanados secundarios y un núcleo ferromagnético; el embobinado del núcleo puede ser tipo columna o tipo acorazado (Figura 2.17).

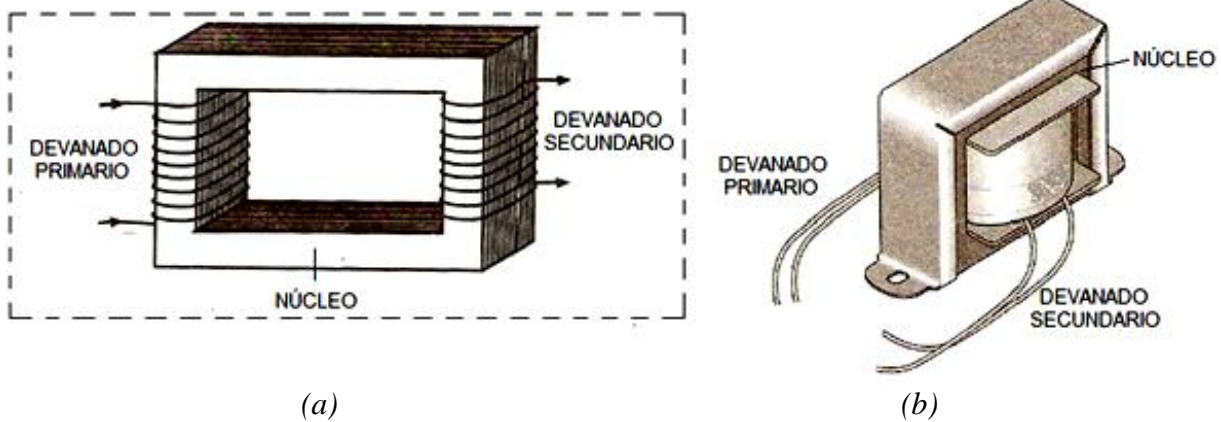


Figura 2.17.- (a) Transformador tipo columna. (b) Transformador tipo acorazado.

Los transformadores son capaces de transformar voltaje y corriente a niveles mayores o menores, según sea el caso. Si eleva el voltaje reduce la corriente (transformador elevador), si reduce el voltaje incrementa la corriente (transformador reductor). La energía que fluye de una bobina a otra no puede exceder a la energía suministrada.

Un parámetro importante en los transformadores es la relación de transformación, y se puede obtener de las siguientes formas:

$$\alpha = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \qquad \alpha = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Siendo:

$\alpha$  es la relación de transformación, y es adimensional.

$V_p$  es el voltaje en el devanado primario en Volts (V).

$V_s$  es el voltaje en el devanado secundario en Volts (V).

$N_p$  es el número de vueltas del devanado primario.

$N_s$  es el número de vueltas del devanado secundario.

$I_p$  es la corriente en el devanado primario en Amperes (A).

$I_s$  es la corriente en el devanado secundario en Amperes (A).

## 2.C.4.- TUBO DE VACÍO

Es un dispositivo electrónico que consiste en una cápsula de vidrio, similar a la de las lámparas incandescentes, que se encuentra al vacío y en la que se hallan encerrados dos electrodos, denominados cátodo (terminal negativa) y ánodo (terminal positiva).



*Figura 2.18.- Tubo de vacío.*

El cátodo consiste en un filamento recubierto por una sustancia con bastantes electrones libres, que se calienta mediante el paso de una corriente. El ánodo está formado por una placa metálica que rodea al filamento a cierta distancia y a la que se aplica un voltaje. Debido a que cuenta con dos electrodos, también se le denomina diodo. El filamento es el que proporciona la energía suficiente para que el cátodo emita una buena cantidad de electrones, el cátodo es el responsable de la emisión de electrones y el ánodo recibe el flujo de electrones.

Si se le agrega un tercer electrodo al tubo de vacío en forma de rejillas se obtiene un dispositivo llamado tríodo (Figura 2.19), en el cual se puede regular el flujo de electrones, es decir, se le puede interrumpir, reducir o incluso detener por completo; así por ejemplo, una muy baja circulación de electrones en la entrada del tubo llegaba a ser amplificada por éste con el fin de producir una intensa corriente en la salida, por lo que este dispositivo fue utilizado en equipos electrónicos en donde se requiriera aumentar el nivel de una señal de entrada, el tríodo es el antecesor del transistor. Con base en el número de electrodos se obtendrán dispositivos como el tetrodo y pentodo, que son de cuatro y cinco electrodos respectivamente.



*Figura 2.19.- El tríodo.*

### **2.C.5.- DIODOS SEMICONDUCTORES**

Los semiconductores pueden ser alterados en su estructura atómica, agregándoles átomos de otros elementos, lo que ocasiona un cambio en las propiedades eléctricas del

semiconductor. El semiconductor más utilizado es el silicio, aunque el germanio se sigue utilizando en menor proporción.

Tanto los átomos de silicio como los de germanio tienen cuatro electrones en su última órbita, al agregar un átomo de otro elemento que tenga tres o cinco electrones en su última órbita, éstos semiconductores pierden su estabilidad y pueden conducir corriente eléctrica. A este proceso se le llama dopaje, y entre menor sea el grado de impureza, mejores propiedades eléctricas adquiere el semiconductor.

Si la impureza que se le agrega tiene cinco electrones en su última órbita, como el antimonio, arsénico y fósforo, el material dopado que se obtiene se denomina *material tipo n*, de negativo, ya que queda con un exceso de electrones (Figura 2.20a). Si se le agrega una impureza que tenga tres electrones en su última órbita, como el boro, galio e indio, el material obtenido se conoce como *material tipo p*, de positivo, debido a que tiene más protones que electrones (Figura 2.20b). En un material tipo n, el electrón se denomina portador mayoritario y el hueco, portador minoritario; en un material tipo p, el hueco es el portador mayoritario y el electrón, el portador minoritario.

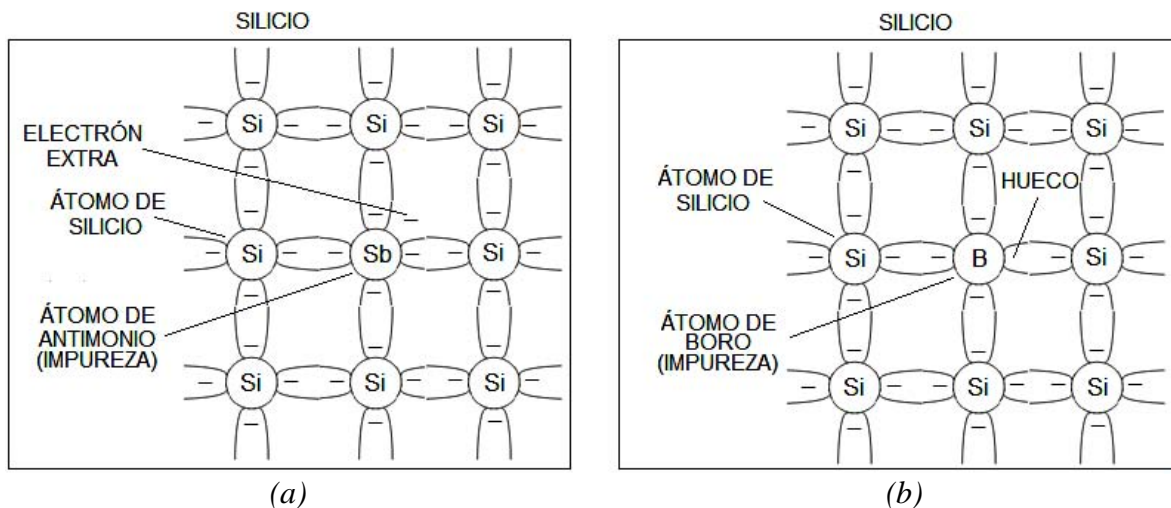


Figura 2.20.- Dopaje de un átomo de silicio. (a) Material tipo n. (b) Material tipo p.

Los diodos semiconductores son dispositivos electrónicos hechos mediante la unión de un material n y un material p (unión pn), que permiten el paso de la corriente en una sola dirección, la zona en donde se realiza la unión se llama región de agotamiento, y es donde los electrones y los huecos se combinarán, como consecuencia se establecerá una carencia de portadores, mientras menos congestionada esté, mayor facilidad tendrá el diodo de conducir la corriente (Figura 2.21). Algunas aplicaciones de los diodos son: rectificadores de corriente, reguladores de voltaje, disipadores, indicadores luminosos, etc.

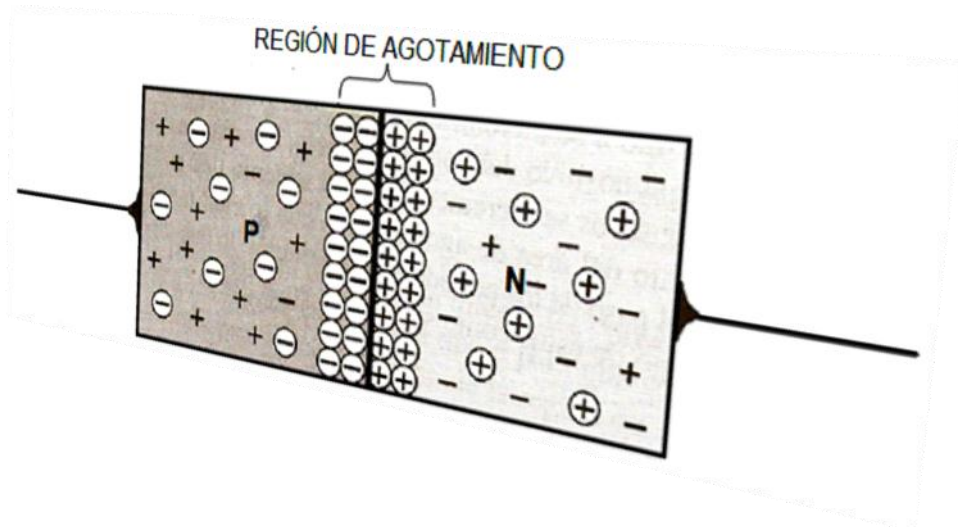


Figura 2.21.- Constitución de un diodo semiconductor.

Cuando el diodo es polarizado en forma directa, y una vez que se rebasa el umbral de voltaje del diodo (0.7V para el silicio y 0.3V para el germanio), los electrones serán atraídos por el ánodo y los huecos por el cátodo, de manera que la región de agotamiento se aligera y el diodo permite el paso de la corriente (Figura 2.22a), la cual aumenta en forma exponencial con respecto al voltaje aplicado. Cuando el diodo es polarizado en forma inversa, los electrones serán rechazados por el cátodo y los huecos serán rechazados por el ánodo, ocasionando una congestión en la región de agotamiento, de manera que no hay paso de corriente (Figura 2.22b); la corriente a la cual el diodo empieza a conducir, en polarización inversa, se denomina corriente de saturación.

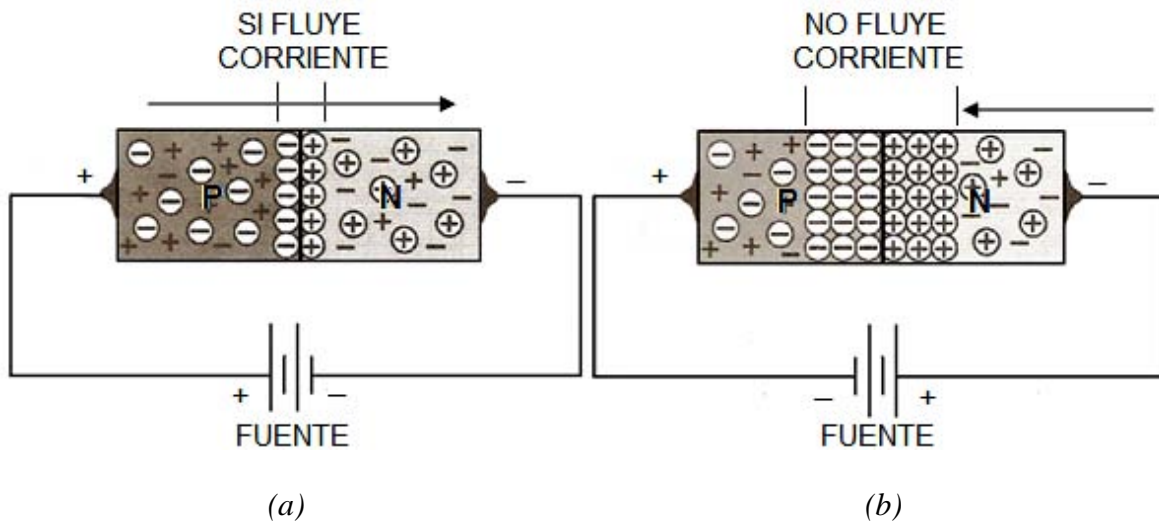


Figura 2.22.- (a) Diodo en polarización directa. (b) Diodo en polarización inversa.



A continuación se describen algunos tipos de diodos (Figura 2.23):

a) *Diodos rectificadores.*- Se encuentran encapsulados, son utilizados para la rectificación de corriente alterna, de manera que solo permite pasar los semi-ciclos positivos de dicha señal. También son utilizados en la modulación de señales de radio, absorber picos de voltaje, multiplicación de voltaje, entre otras.

b) *Diodos zener.*- Son diseñados para operar en la zona de ruptura del voltaje de polarización inversa, su aplicación es como reguladores de voltaje, de manera que mantiene el potencial de salida casi constante, de forma independiente a las variaciones que se presenten en la entrada o del consumo de corriente de las cargas conectadas en la salida del circuito. Los diodos zener pueden operar como interruptores sensibles al voltaje.

c) *Diodos de corriente constante.*- Mantienen constante el consumo de corriente, sin importar las variaciones de tensión.

d) *Diodos emisores de luz (LED's).*- Todos los diodos emiten cierta cantidad de radiación electromagnética cuando se polarizan directamente, en un diodo común es muy pequeña, pero en diodos hechos de ciertos materiales, como el fosfato de galio arsenídico, se incrementa al grado de emitir luz visible; este tipo de diodos son llamados LED por sus siglas en inglés *Light-Emitting Diode*. Los LED's pueden emitir radiaciones que van desde el infrarrojo hasta la luz visible. Son utilizados como indicadores luminosos, en displays, transmisores para fibra óptica, etc.



Figura 2.23.- Diversos tipos de diodos semiconductores.

## 2.C.6.- TRANSISTORES

Los transistores son dispositivos de tres terminales, que al aplicarles un voltaje o corriente pequeña en una terminal, pueden controlar grandes cantidades de corriente a través de las otras dos terminales (Figura 2.24); entre sus aplicaciones están la amplificación y la conmutación. Son los sucesores de los tubos de vacío, y entre sus principales ventajas se encuentran las siguientes: más pequeños, más ligeros, más eficientes, no requieren calentamiento, menores voltajes de operación, etc. Las principales familias de transistores son: transistores bipolares de unión (BJT) y transistores de efecto de campo (FET).

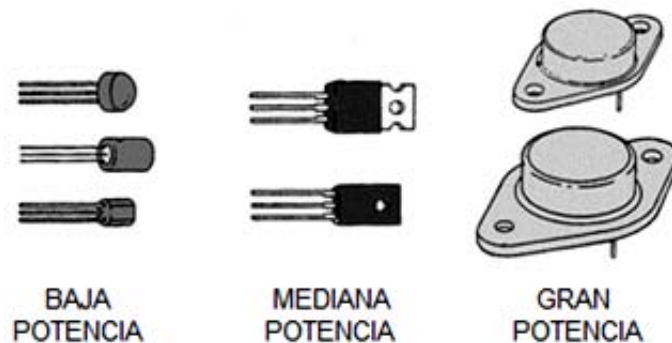


Figura 2.24.- Transistores.

### 2.C.6.a.- TRANSISTOR BIPOLAR DE UNIÓN (BJT)

El BJT, por sus siglas en inglés *Bipolar Junction Transistor*, es un transistor hecho de tres capas de material semiconductor, pueden ser dos capas de material tipo n y una de tipo p, o dos de tipo p y una de tipo n; de manera que hay BJT's del tipo npn y del tipo pnp (figura 2.25). El término bipolar se debe al hecho de que tanto electrones como huecos participan en el proceso de inyección hacia el material polarizado en forma opuesta. Sus terminales son: base, emisor y colector.





Figura 2.25.- Construcción del BJT.

La capa del emisor está fuertemente dopada, la de la base ligeramente dopada y la del colector muy poco dopada; de igual forma, los espesores del emisor y colector son mucho mayores que los de la base. El nivel bajo de dopado en la base incrementa su resistencia, por eso es que una pequeña corriente entre la base y el emisor, causará una corriente mayor entre emisor y colector.

Para que un transistor funcione tiene que estar polarizado, en el caso del transistor npn, implica un voltaje positivo aplicado entre colector y emisor, y una alimentación positiva de pequeña magnitud entre base y emisor. Cuando la base se polariza directamente, la corriente de emisor a colector seguirá las variaciones de una corriente de base menor, y el transistor funciona como amplificador. Cuando la base de un transistor npn se aterriza, no fluye corriente del emisor a colector (apagado); si la base es polarizada directamente, habrá corriente de emisor a colector (encendido), y el transistor funciona como conmutador. El comportamiento de un transistor pnp es el mismo, lo único que cambia es el sentido en las fuentes de alimentación que lo polarizan.

#### 2.C.6.b.- TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO (FET)

El FET, por sus siglas en inglés *Field Effect Transistor*, es un transistor que tiene aplicaciones similares a las del BJT, la principal diferencia entre los dos es que el BJT es controlado por medio de corriente, y el FET es controlado por medio de voltaje; en ambos casos se controla la corriente de salida. Otra diferencia es que el FET es un dispositivo unipolar.

Lo que sucede en un FET, con la presencia de voltaje, es que se genera un campo eléctrico en su interior, con el cual se controla el flujo de corriente en la salida del FET. Además, tienen una resistencia muy alta en la entrada, lo que significa que la corriente será mínima, y es importante para una buena amplificación.

Existen FET's de canal-n y de canal-p, y es unipolar debido a que depende exclusivamente de la conducción de electrones (canal-n) o de huecos (canal-p). Sus terminales son: compuerta (G), fuente (S) y drenaje (D).

Un tipo de FET es conocido como transistor de efecto de campo de unión JFET (*Junction Field Effect Transistor*). En un JFET tipo n la mayor parte de la estructura del transistor es tipo n y forma el canal entre las capas integradas de material tipo p; las terminales fuente y drenaje están conectadas al canal n, mientras que la compuerta se encuentra conectada a las dos capas de material tipo p, que también están unidas entre sí. La construcción de un JFET de canal p, es igual a la del JFET canal n, pero invirtiendo la utilización de los materiales (Figura 2.26).

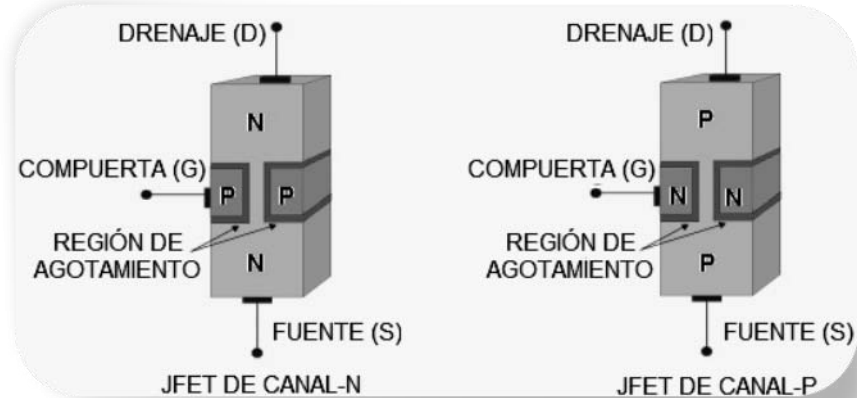


Figura 2.26.- Construcción del JFET.

Los JFET's de baja frecuencia se utilizan en la etapa de entrada de amplificadores, y también pueden ser utilizados como interruptores. Los JFET's de alta frecuencia pueden usarse para amplificar o generar señales de alta frecuencia.

Otro tipo de FET es conocido como MOSFET (*Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor*), transistor de efecto de campo semiconductor-óxido-metal. Existen MOSFET de canal n y de canal p. El de canal n contiene dos regiones de tipo n, donde se encuentran la fuente y el drenaje, con una región de tipo p entre ambas, llamada sustrato, que en algunas ocasiones se encuentra conectado internamente con la terminal de la fuente, sin embargo, en muchas ocasiones se agrega una cuarta terminal denominada SS, que corresponde al sustrato; la compuerta se encuentra aislada por medio de una delgada capa de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ); la construcción de un MOSFET canal p es contraria a la de un canal n (Figura 2.27).

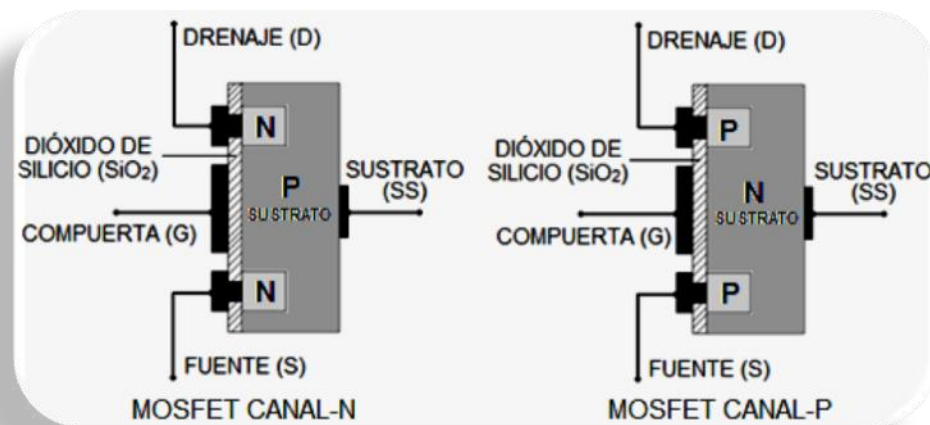


Figura 2.27.- Construcción de un MOSFET.

Cuando se aplica un voltaje positivo entre la compuerta y la fuente, atrae los electrones y se crea un canal delgado tipo n entre la fuente y el drenaje, esto hace que pueda fluir la corriente por el canal; la resistencia del canal depende del voltaje suministrado.

Los MOSFET's son los transistores con mayor resistencia en la entrada, debido al aislamiento entre la compuerta y el canal. Se utilizan en amplificadores para dar una resistencia demasiado alta en la entrada, como conmutador, como resistencia controlada por voltaje, etc. Hay MOSFET's de potencia que pueden conmutar o amplificar bastantes Amperes a gran velocidad.

### 2.C.7.- CIRCUITOS INTEGRADOS (IC)

La miniaturización de los dispositivos electrónicos ha sido posible con la invención de los circuitos integrados (IC-Integrated Circuit), los IC's pueden contener desde unos cuantos transistores, hasta millones de ellos, encapsulados en un solo elemento de tamaño extremadamente reducido, conocido como chip (Figura 2.28). La construcción de los IC's se lleva a cabo sobre obleas de silicio de algunas pulgadas, en donde se graban los elementos que contendrá el IC, este proceso es complejo, por lo que se utiliza maquinaria especializada para la elaboración de los IC's, y en habitaciones extremadamente limpias.

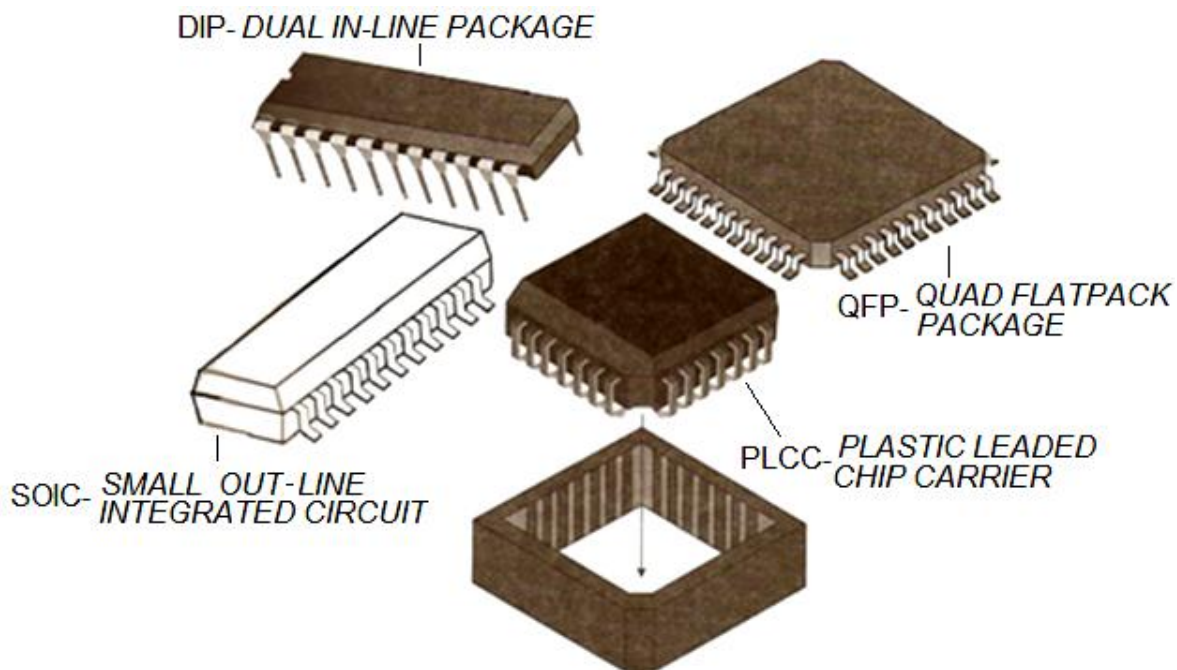


Figura 2.28.- Diversos tipos de chips.

Existen dos tipos de circuitos integrados:

a) *Circuitos integrados lineales.*- Funcionan con señales analógicas, es decir, señales que pueden tomar cualquier valor en un tiempo determinado y que pueden variar en amplitud y frecuencia. Estos IC's producen, amplifican o responden a voltajes variables; se utilizan en amplificadores, temporizadores, osciladores, reguladores de voltaje, etc.

b) *Circuitos integrados no lineales.*- Funcionan con señales digitales, es decir, señales que alternan entre dos valores únicamente, que suelen representarse por "1" y "0", llamados estados lógicos. Estos IC's responden y/o producen señales que tienen dos niveles de voltaje, y están formados por circuitos no lineales. Son utilizados en microprocesadores, microcontroladores, memorias, multiplexores, etc.

NOTA: Algunos IC's combinan funciones analógicas y digitales, por ejemplo, un IC lógico que incluya un regulador de voltaje; o un temporizador que incluya un contador digital para ofrecer retardos de tiempo más largos.

### 2.C.7.a.- CIRCUITOS LINEALES

Uno de los circuitos lineales más utilizado es, sin duda alguna, el amplificador operacional (Figura 2.29); este dispositivo hecho a base de transistores, se ocupaba en sus inicios en circuitos capaces de sumar, restar, multiplicar e incluso resolver ecuaciones diferenciales, de ahí lo de operacional.

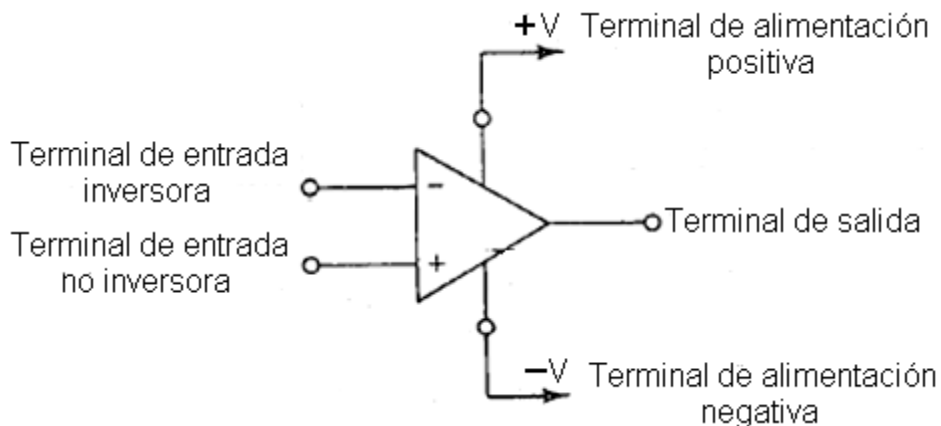
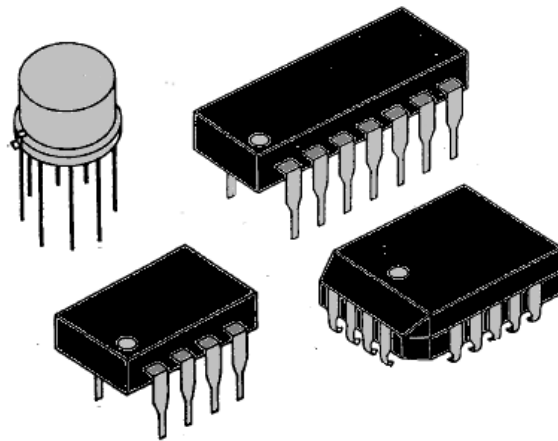


Figura 2.29.- Representación gráfica de un amplificador operacional.

Con su inclusión en los circuitos integrados (Figura 2.30), surgen nuevas aplicaciones tales como: osciladores, acondicionamiento de señales, temporizadores, detección de nivel de voltaje, entre muchas más. Cuando se comienza a incluir varios amplificadores operacionales en sólo chip, se obtiene un dispositivo capaz de realizar funciones más complejas, obteniendo mayores ventajas y nuevos usos, por ejemplo, capacidad de alta corriente, alto voltaje o ambos, amplificadores múltiples, amplificadores de ganancia programable, instrumentación y control, circuitos para comunicaciones, circuitos para audio y video, etc.



*Figura 2.30.- Las aplicaciones de los amplificadores operacionales aumentaron gracias al encapsulamiento de los mismos.*

### **2.C.7.b.- CIRCUITOS NO LINEALES**

Los circuitos no lineales están formados por compuertas lógicas, éstas se pueden obtener a partir de diodos o transistores, y constituyen los fundamentos de la electrónica digital, que surge por la capacidad que tienen los transistores de operar como interruptores. El “1” y el “0” son los estados representativos de las señales digitales, y lo que indican es un nivel de voltaje, cuando el “1” representa al valor alto y el “0” al valor bajo se dice que la lógica es positiva, si ocurre lo contrario se dice que la lógica es negativa.

Las compuertas lógicas se utilizan para conmutar señales representadas por 1's y 0's, su función se puede establecer mediante el Álgebra de Boole, las tres compuertas básicas son: AND, OR y NOT; a cada una de ellas le corresponde una lista de resultados llamada tabla de verdad (Figura 2.30).

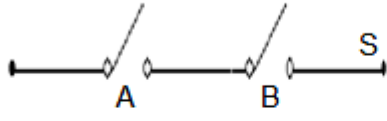
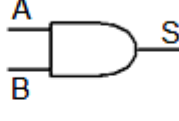
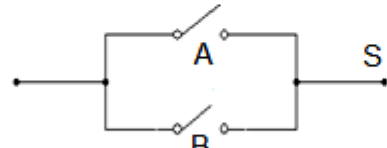
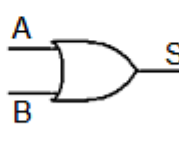
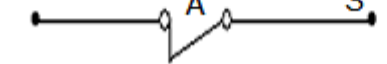
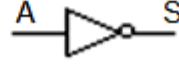
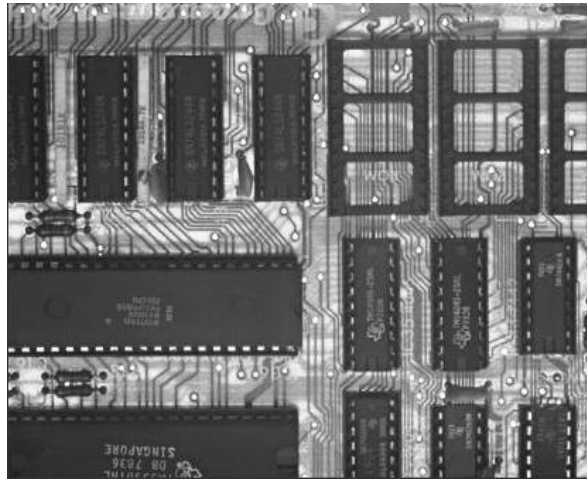
COMPUERTA	COMPUERTA CON INTERRUPTORES	SÍMBOLO	TABLA DE VERDAD															
AND			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	S	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	S																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
OR			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	S	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
A	B	S																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
NOT			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	S	0	1	1	0									
A	S																	
0	1																	
1	0																	

Figura 2.30.- Compuertas lógicas básicas.

Las compuertas lógicas definen el nivel de integración de un IC, este nivel está dado por la cantidad de compuertas que contiene un solo chip, obteniendo los siguientes niveles de integración:

- Pequeña escala de integración (SSI – Small Scale Integration).*- Hasta 10 compuertas en un chip (menos de 100 transistores).
- Mediana escala de integración (MSI – Medium Scale Integration).*- Entre 11 y 100 compuertas en un chip (de 101 a 1000 transistores).
- Alta escala de integración (LSI – Large Scale Integration).*- Entre 101 y 1000 compuertas en un chip (de 1001 a 10000 transistores).
- Muy alta escala de integración (VLSI – Very Large Scale Integration).*- Más de 1000 compuertas en un chip (más de 10000 transistores).

Las compuertas lógicas son la base de los circuitos empleados en el diseño de diversos dispositivos digitales, como lo son: multiplexores, memorias, microcontroladores, microprocesadores, etc. (Figura 2.31), que son parte fundamental de otros dispositivos, como pueden ser: computadoras, equipos de comunicación, instrumentos de medición, calculadoras, entre muchos otros.



*Figura 2.31.- El mayor número de compuertas lógicas contenidas en un chip permiten el desarrollo de dispositivos cada vez más complejos.*

## **2.C.8.- COMPUTADORAS DIGITALES**

Una computadora, es un dispositivo electrónico capaz de realizar diversos procesos, gracias a que es posible programarlo para que lleve a cabo las instrucciones que le sean establecidas; pudiendo realizar cálculos complejos, almacenar cantidades enormes de información, intervenir en procesos de automatización, entre muchas aplicaciones más. En las computadoras digitales toda la información que se procesa es por medio de los estados lógicos “1” y “0” o sistema binario; gracias a las velocidades de conmutación de los circuitos integrados que se tienen actualmente, el tiempo con que procesa información una computadora digital es increíblemente corto, del orden de nanosegundos.

La historia de la computadora moderna se divide en cuatro generaciones, el cambio de una generación a otra ha sido marcado principalmente por la evolución de los componentes empleados en su construcción, dando paso a la miniaturización de todos los sistemas electrónicos.

### **2.C.8.a.- PRIMERA GENERACIÓN**

La primera computadora electrónica se construye en 1946, llamada ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*: Calculador e Integrador Numérico Electrónico). Contenía 18,000 válvulas de vacío y tenía la capacidad de realizar varios cientos de multiplicaciones por minuto, ocupaba toda una habitación, su consumo de energía era muy alto, y su velocidad de procesamiento era del orden de milisegundos (Figura 2.32).





Figura 2.32.- La primera computadora electrónica (ENIAC).

En 1953, la empresa IBM (*International Business Machines*) construye la IBM-701, en la cual los operadores ingresaban los datos y programas en código especial por medio de tarjetas perforadas. El almacenamiento interno se lograba con un tambor que giraba rápidamente, en el que un dispositivo colocaba marcas magnéticas.

### 2.C.8.b.- SEGUNDA GENERACIÓN

Con la aparición de los transistores, se sustituyen las válvulas de vacío por éstos, y se hace posible la reducción en tamaño y consumo de energía eléctrica en las computadoras, estableciéndose el paso a una nueva generación de las mismas (Figura 2.33). Además se crean mejores lenguajes de programación, con lo cual se facilita la programación de las nuevas computadoras.

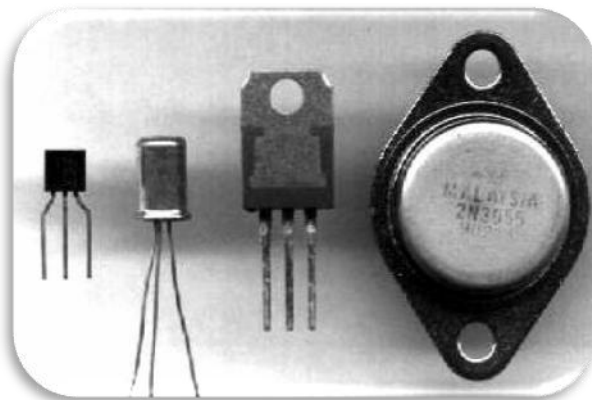


Figura 2.33.- Los transistores marcan el inicio de la segunda generación.



Otras ventajas del uso de transistores es que se redujeron los tiempos de procesamiento y se alargó la vida útil de las computadoras. Se sustituyeron los tambores magnéticos por redes de núcleos magnéticos, que contenían pequeños anillos de material magnético y, enlazados entre sí, podían almacenar datos e instrucciones. Las empresas comenzaron a aplicar las computadoras a tareas de almacenamiento de registros, como manejo de inventarios, nómina, contabilidad, etc.

### 2.C.8.c.- TERCERA GENERACIÓN

Las computadoras de la tercera generación surgen con el desarrollo de los circuitos integrados (IC), de manera que nuevamente se hicieron más pequeñas, más rápidas, desprendían menos calor y eran energéticamente más eficientes. Se diseñan computadoras para aplicaciones matemáticas y de negocios, lo que antes se hacía por separado.

Una de las primeras computadoras de esta generación fue la IBM 360, que podía realizar análisis numéricos y administración o procesamiento de archivos (Figura 2.34). Los usuarios podían escalar sus sistemas 360 a modelos IBM de mayor tamaño y podían todavía correr sus programas actuales. Estas computadoras operaban a una velocidad tan alta que tenían la capacidad de ejecutar más de un programa de manera simultánea y la comunicación con ellas se establece mediante una interfaz conocida como sistema operativo.

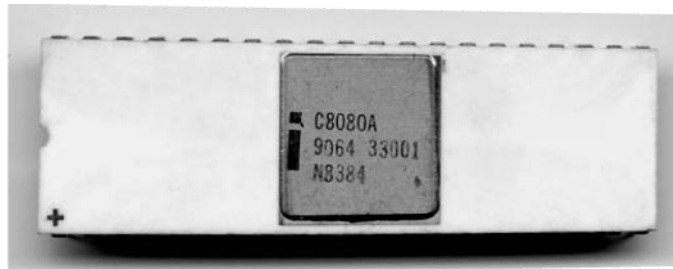


*Figura 2.34.- Sistema IBM 360.*

### 2.C.8.d.- CUARTA GENERACIÓN

Nace aproximadamente en 1971, los dispositivos que marcan esta nueva generación son los microprocesadores y las memorias digitales, que surgen debido al mejoramiento en la escala de integración de los IC's, alcanzando niveles de integración sorprendentes hoy en día.

El primer microprocesador que surge es el 8080 de Intel (Figura 2.35) y con él, las primeras computadoras personales (PC - *Personal Computer*). En 1975, aparece el microprocesador Zilog Z80 y la microcomputadora de Apple Computer.



*Figura 2.35.- Microprocesador 8080 de intel.*

Para la década de 1980, se comercializan las PC's, se genera una gran cantidad de software para diversas aplicaciones y se desarrollan nuevos sistemas operativos que ya permitían la conexión en red. IBM hace el lanzamiento de la IBM PC (Figura 2.36), la cual, al poco tiempo, se le realizaron ciertas mejoras y tomó el nombre de IBM PC-XT; las computadoras de esta década eran, de algún modo, más fáciles de manejar.



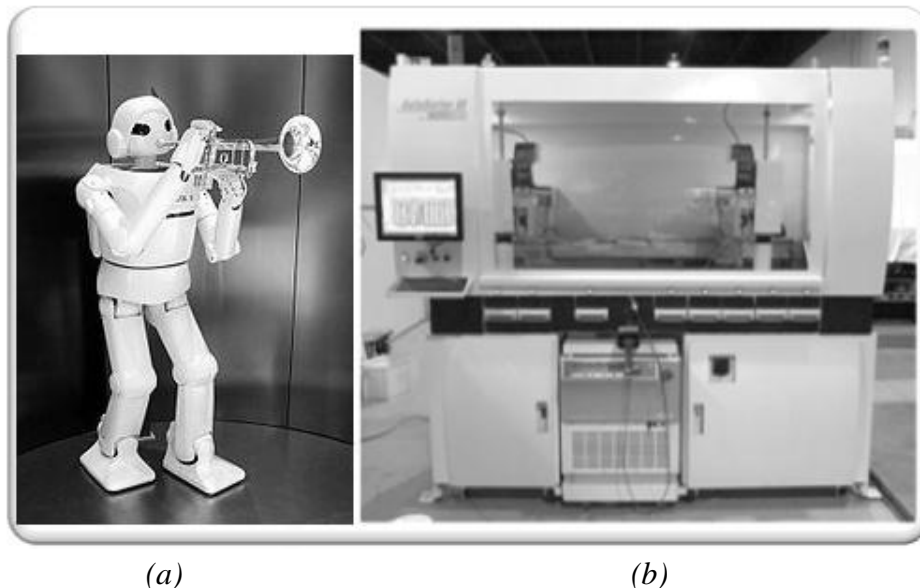
*Figura 2.36.- La computadora IBM PC*

### 2.C.8.e.- QUINTA GENERACIÓN

En 1983, Japón lanza el “Programa de la quinta generación de computadoras”, con el cual se pretenden los siguientes adelantos:

- Utilización de IC’s de muy alta integración.
- Computadoras con Inteligencia Artificial.
- Redes de comunicación.
- Integración de datos, imágenes y voz.
- Utilización de lenguaje natural.
- Mejoramiento en robótica.
- Sistemas expertos.

La inteligencia artificial es el campo de estudio que trata de aplicar los procesos del pensamiento humano para utilizarlos en la solución de problemas por medio de una computadora. La robótica es la ciencia encargada de la creación y empleo de robots para la realización de diversas operaciones (Figura 2.37). Las redes de comunicación se componen de un grupo de computadoras, y terminales en general, interconectadas a través de uno o varios caminos, denominados medios de transmisión. El lenguaje natural se refiere a que las computadoras puedan comunicarse con el usuario sin ninguna dificultad, ya sea oralmente o por escrito.



*Figura 2.37.- Aplicaciones de la robótica. (a) Robot diseñado por la compañía Toyota.  
(b) Robot articulado para laboratorio médico.*

Un sistema experto es una aplicación de inteligencia artificial que utiliza una base de conocimiento de la experiencia humana en la resolución de problemas, mediante un sofisticado programa de computadora, que posee una amplia cantidad de información y de estrategias para utilizarlo según los requerimientos. Se programa a la computadora para reaccionar en la misma forma en que lo harían expertos en los campos de la medicina, estrategia militar, exploración petrolera, etc. (Figura 2.38).



*Figura 2.38.-Sistema de computadoras de quinta generación.*

#### **2.C.8.f.- SEXTA GENERACIÓN DE COMPUTADORAS**

En la década de los noventa, Intel lanza al mercado el procesador 80586 conocido como Pentium. Es en esta década que comienza el apogeo de las PC's, convirtiéndose paulatinamente en una herramienta necesaria para la mayoría de las personas. Las redes de cómputo y la Internet se vuelven una necesidad para las pequeñas y medianas empresas. Aparecen las computadoras portátiles (Laptops), computadoras de mano (PDA's – Personal Digital Assistant), etc.

Esta generación se caracteriza por la evolución de las comunicaciones a la par de la tecnología. La miniaturización de componentes en las máquinas, y su reducción en costo, conllevan a sistemas de alta capacidad. El uso de redes se hace común, con grandes velocidades y la integración de servicios de video de calidad, voz y otros datos multimedia en tiempo real.

Con la expansión de las redes, surge el procesamiento en paralelo a niveles masivos en la cual una cantidad enorme de computadoras cooperan realizando una tarea. Internet invade el mundo doméstico generando nuevas alternativas en todas las actividades humanas (Figura 2.39).



*Figura 2.39.- La importancia de la computadora en la actualidad.*



# ***CAPÍTULO 3: TRANSDUCTORES***

---

---

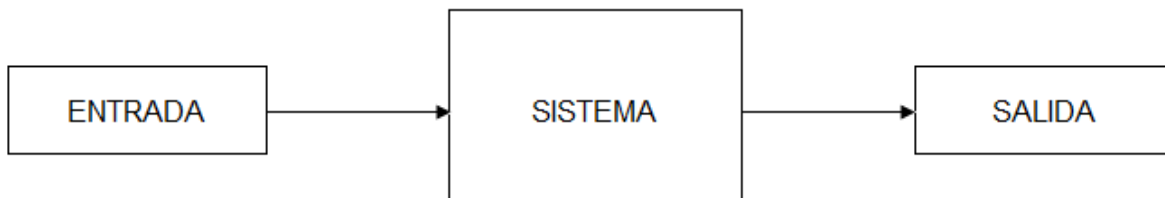
### 3.A.- INTRODUCCIÓN

En los sistemas electrónicos, es necesario que las señales sean eléctricas para que puedan ser procesadas, y así obtener la función principal de dicho sistema, proceso que se lleva a cabo por diversos dispositivos electrónicos. En el caso de los sistemas de seguridad, es indispensable contar con un dispositivo principal capaz de captar las señales externas, como podría ser luz, sonido, temperatura, etc., y convertirlas en una señal eléctrica para que pueda ser procesada por el sistema, aquí es donde entran en juego los transductores, que serán los encargados de realizar tal conversión.

Algunos materiales con propiedades eléctricas son especialmente sensibles ante cambios de diversas señales de tipo físico, como la luz o la temperatura, por lo que se ven alteradas dichas propiedades. En electrónica, se aprovechan estos materiales para crear dispositivos llamados transductores, y son utilizados en gran parte de los sistemas electrónicos.

### 3.B.- SISTEMAS

Un sistema es un conjunto de elementos que interactúan entre sí para lograr un objetivo determinado, con base en un elemento principal. Dicho de otra forma, es un arreglo de componentes físicos conectados de manera que, lo que tenga en la entrada, será procesado por dicho arreglo y se obtendrá una salida. Un sistema puede contener una o varias entradas y una o varias salidas, puede ser representado mediante un diagrama de bloques (Figura 3.1).



*Figura 3.1.- Representación de un sistema mediante bloques.*

#### 3.B.1.- SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control se caracteriza por contar con elementos que pueden influir sobre su señal de salida, asegurando que ésta sea satisfactoria. Los sistemas de control tienen como finalidad controlar la señal de salida mediante la manipulación de la señal de entrada, obteniendo el resultado deseado. Un sistema de control automático verifica constantemente la operación que se debe ejecutar, sin la necesidad de un operador externo. Todo sistema de control cuenta con tres elementos principales: entrada, planta y salida.

Básicamente, podemos encontrar dos tipos de sistemas de control: de lazo abierto y de lazo cerrado o realimentado.

Los sistemas de control de lazo abierto consisten en seleccionar de antemano una entrada, es decir, se le aplica al sistema una entrada pre-programada para obtener la salida deseada (Figura 3.2). A cada entrada le corresponde una condición operativa fija, por lo que la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea de forma adecuada.



Figura 3.2.- Diagrama a bloques de un sistema de control de lazo abierto.

Los sistemas de control de lazo cerrado, o de realimentación, se caracterizan por generar la entrada en función de la salida que se vaya produciendo, cuando esto sucede se dice que el sistema cuenta con realimentación, de manera que se toman valores de la salida para modificar la entrada hasta obtener un valor conveniente en la misma (Figura 3.3).

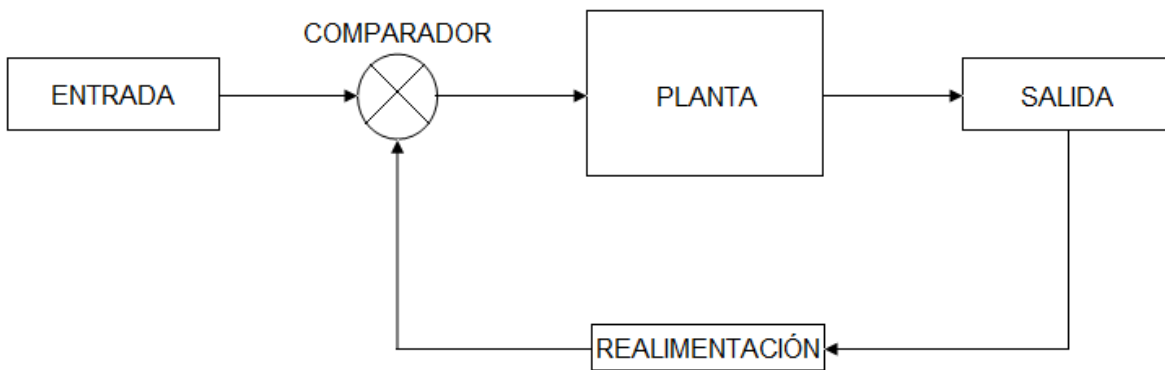


Figura 3.3.- Diagrama a bloques de un sistema de control de lazo cerrado.

### 3.B.1.a.- SISTEMA DE SEGURIDAD

Un sistema de seguridad es un sistema de control que se utiliza para ofrecer protección a personas, negocios, viviendas, vehículos, etc., frente a eventos no deseados, como pueden ser: el ingreso de personas no autorizadas, robo, incendio, etc. Los sistemas de seguridad, generalmente, cuentan con un sensor, un acondicionador de señal y un sistema de alarma, encargado de dar aviso de que ha ocurrido alguno de dichos eventos (Figura 3.4).



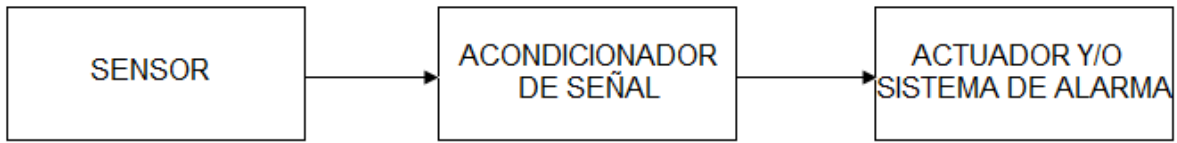


Figura 3.4.- Diagrama a bloques de un sistema de seguridad.

Para que una alarma pueda ser activada, necesita de un elemento que sea capaz de captar que un evento ha ocurrido, este elemento se llama sensor. Un sensor es un dispositivo electrónico que tiene la cualidad de captar una señal del tipo físico como luz, temperatura, etc., y convertirla en una señal eléctrica por medio de un circuito que tiene como elemento principal a un transductor; la señal es procesada de tal manera que si rebasa cierto valor preestablecido se accionará la alarma, desactivándose hasta que éste se restablezca. En algunas ocasiones, se agregan acciones al sistema de seguridad, como puede ser el cierre de puertas, llamadas a servicios de emergencia en forma automática, etc.



Figura 3.5.- Operación básica de un sensor.

### 3.B.2.- SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

El Sistema Internacional de Unidades (SI) es un sistema de referencia utilizado en la mayoría de los países, fue creado en 1960 por la Conferencia General de Pesas y Medidas, aunque sus orígenes se remontan a algunos siglos atrás con la intención de crear un sistema universal. Las unidades del SI son la referencia internacional de las indicaciones de los instrumentos de medida, logrando la equivalencia de las medidas realizadas por instrumentos similares, utilizados y calibrados en distintos lugares. Las unidades que forman el SI se dividen en, unidades SI de base o fundamentales (Tabla 3.1) y unidades SI derivadas (Tabla 3.2).

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Corriente eléctrica	Ampere	A
Temperatura termodinámica	Kelvin	K
Intensidad luminosa	Candela	cd
Cantidad de sustancia	Mol	mol

Tabla 3.1.- Unidades SI de base o fundamentales.

Magnitud	Unidad	Símbolo
Superficie	Metro cuadrado	$m^2$
Volumen	Metro cúbico	$m^3$
Velocidad	Metro por segundo	$\frac{m}{s}$
Aceleración	Metro por segundo al cuadrado	$\frac{m}{s^2}$
Número de ondas	Metro a la menos uno	$m^{-1}$
Masa volúmica, densidad	Kilogramo por metro cúbico	$\frac{kg}{m^3}$
Volumen específico	Metro cúbico por kilogramo	$\frac{m^3}{kg}$
Densidad de corriente	Ampere por metro cuadrado	$\frac{A}{m^2}$
Campo magnético	Ampere por metro	$\frac{A}{m}$
Concentración (de cantidad de sustancia)	Mol por metro cúbico	$\frac{mol}{m^3}$
Luminancia	Candela por metro cuadrado	$\frac{cd}{m^2}$
Índice de refracción	Uno (el número)	1

Magnitud	Unidad	Símbolo	Expresión en unidades SI base	Expresión en otras unidades SI
Frecuencia	Hertz	Hz	$s^{-1}$	
Fuerza	Newton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$	
Presión	Pascal	Pa	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$	$\frac{N}{m^2}$
Trabajo, energía, cantidad de calor	Joule	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	$N \cdot m$
Potencia, flujo energético	Watt	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	
Carga eléctrica, cantidad de electricidad	Coulomb	C	$s \cdot A$	

Diferencia de potencial, tensión eléctrica, fuerza electromotriz, potencial eléctrico	Volt	V	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	$\frac{W}{A}$
Capacitancia eléctrica	Farad	F	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$	$\frac{C}{V}$
Resistencia eléctrica	Ohm	$\Omega$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$	$\frac{V}{A}$
Conductancia eléctrica	Siemens	S	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$	$\frac{A}{V}$
Flujo de inducción magnético	Weber	Wb	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$	$V \cdot s$
Inductancia	Henry	H	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$	$\frac{Wb}{A}$
Temperatura Celcius	Grado Celcius	$^{\circ}C$	K	

Tabla 3.2.- Algunas de las unidades SI derivadas.

### 3.C.- SEÑALES

Una señal es el medio por el cual se transmite información. En electricidad, una señal puede representarse por medio de una gráfica, para observar sus características y comportamiento en un tiempo determinado; las señales eléctricas se dividen en analógicas y digitales.

- a) *Señal analógica.*- Es aquella que puede tomar cualquier valor en el intervalo de su amplitud y de su tiempo de duración (Figura 3.6).

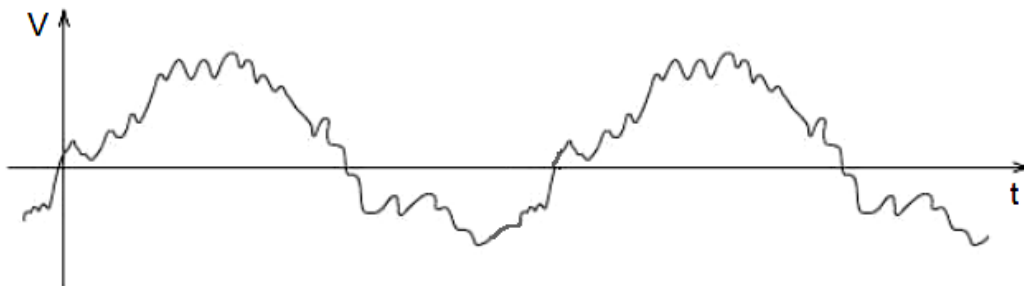


Figura 3.6.- Señal analógica.

- b) *Señal digital.*- Es aquella en la que la amplitud cambia abruptamente de un valor límite a otro, no existiendo valores intermedios entre ambos límites (Figura 3.7).

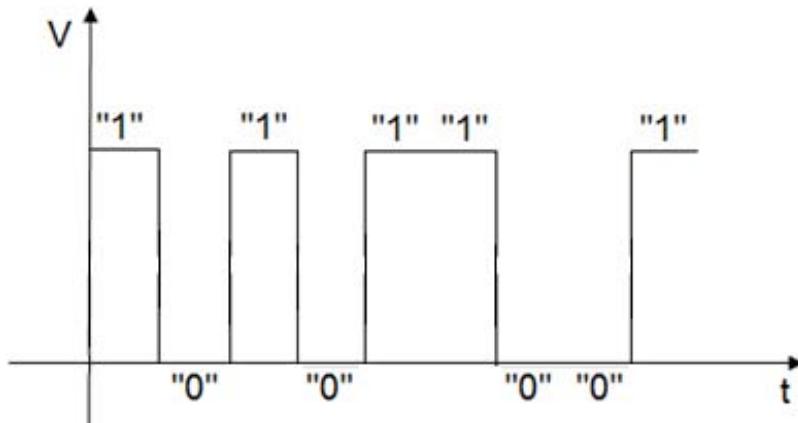


Figura 3.7.- Señal digital.

### 3.D.- TRANSDUCTORES

Un transductor es un dispositivo que tiene la capacidad de convertir una señal de tipo físico (luz, calor, sonido, etc.) en una señal eléctrica o viceversa. En sistemas de control, el transductor es el encargado de captar una señal física y traducirla en una señal eléctrica, que una vez obtenida, puede ser procesada y el sistema actúa en consecuencia de la misma.

Dependiendo del tipo de señal que entreguen, los transductores pueden ser: analógicos o digitales, donde los primeros proporcionan una señal analógica, la cual puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide; y los segundos producen una señal de salida digital, de igual manera, representa el valor de la variable medida. La ventaja de los sensores digitales, con respecto a los analógicos, es su mayor compatibilidad con las computadoras en la automatización y en el control de procesos.

Debido a la estructura electrónica de la materia, cualquier variación de un parámetro no eléctrico de un elemento está acompañada por la variación de un parámetro eléctrico. Utilizando el material adecuado, se pueden elaborar transductores que entreguen una salida eléctrica para cualquier magnitud física.

Los transductores deben contar con ciertos parámetros que les permitirán ser tan confiables como sea posible. Los principales parámetros de los transductores son los siguientes:

- a) *Exactitud*.- Significa que el valor verdadero de la señal se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Mediante varias mediciones de la señal, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado debe tender a cero. La exactitud debe ser tan alta como sea posible.

- b) *Precisión.*- Significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la señal. Un dispositivo es muy preciso si la variación en los valores de una serie de mediciones es mínima.
- c) *Rango de funcionamiento.*- Se refiere a los límites en los cuales el sensor opera correctamente ante la señal a captar. Debe tener un amplio rango de funcionamiento, debe ser exacto y preciso dentro del mismo.
- d) *Velocidad de respuesta.*- Es el tiempo que toma el transductor en responder a los cambios de la señal detectada. El transductor debe responder en un tiempo mínimo.
- e) *Calibración.*- Es el proceso con el cual se establece la relación entre la señal detectada y la señal de salida. Con frecuencia los dispositivos sufren una pérdida gradual de exactitud, por lo que es necesario volver a calibrarlo. El sensor debe ser fácil de calibrar.
- f) *Fiabilidad.*- Significa que el sensor no debe tener fallas frecuentemente en su funcionamiento. Un ejemplo de fiabilidad en los transductores es tener el mínimo de falsas activaciones.
- g) *Sensibilidad.*- Es el valor necesario de la señal a captar, para que el transductor pueda ser activado. Generalmente, la sensibilidad puede ser ajustada con facilidad, conforme a los requerimientos del usuario.

### 3.D.1.- MÉTODOS DE TRANSDUCCIÓN Y TIPOS DE TRANSDUCTORES

Existen diversos métodos por los cuales es posible convertir una señal de tipo físico en una señal eléctrica, para ello se aprovechan las características de los elementos utilizados para dicho propósito. A continuación se describen los principales métodos de transducción, así como los tipos de transductores para cada método.

#### 3.D.1.a.- TRANSDUCCIÓN RESISTIVA

Los elementos de transducción resistiva son aquellos en los que su resistencia varía conforme cambia la magnitud a medir. Los cambios de resistencia pueden realizarse en los conductores así como en los semiconductores por diversos medios, por ejemplo, elevación o disminución de temperatura, aplicación de esfuerzos mecánicos, por humidificación o deshumidificación de ciertas sales electrolíticas, o por movimientos en el brazo de la escobilla de un reóstato, etc.

Existen muchas magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica de un material. De forma que ofrecen una solución válida para numerosos problemas de medida. Los resistores variables con la temperatura ofrecen también un método de compensación térmica aplicable en los sistemas de medida de otras magnitudes.

### 3.D.1.a.1.- GALGA EXTENSIOMÉTRICA

Las galgas extensiométricas se basan en la variación de la resistencia de un conductor, o un semiconductor, cuando se le aplica un esfuerzo mecánico. Si se le somete a un esfuerzo en dirección longitudinal, la resistencia cambia su valor (Figura 3.8).

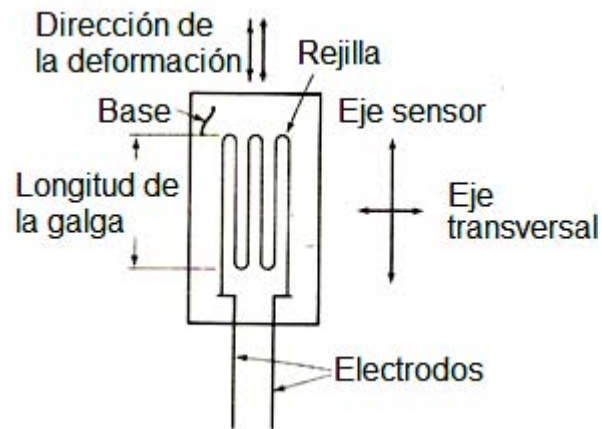


Figura 3.8.- Construcción básica de una galga extensiométrica.

Los materiales empleados para la fabricación de galgas extensiométricas son diversos conductores metálicos como: las aleaciones de constantan, advance, karma, isoelastic, y también semiconductores como el silicio o el germanio. Para aplicaciones de sensores táctiles en robots se emplean también elastómeros conductores. Para la medida de grandes deformaciones en estructuras biológicas, se emplean galgas elásticas que consisten en un tubo elástico lleno de mercurio u otro líquido conductor. En general, se pueden aplicar a la medida de cualquier variable que pueda convertirse, con el dispositivo apropiado, en una fuerza capaz de provocar deformaciones en ellas (Figura 3.9).

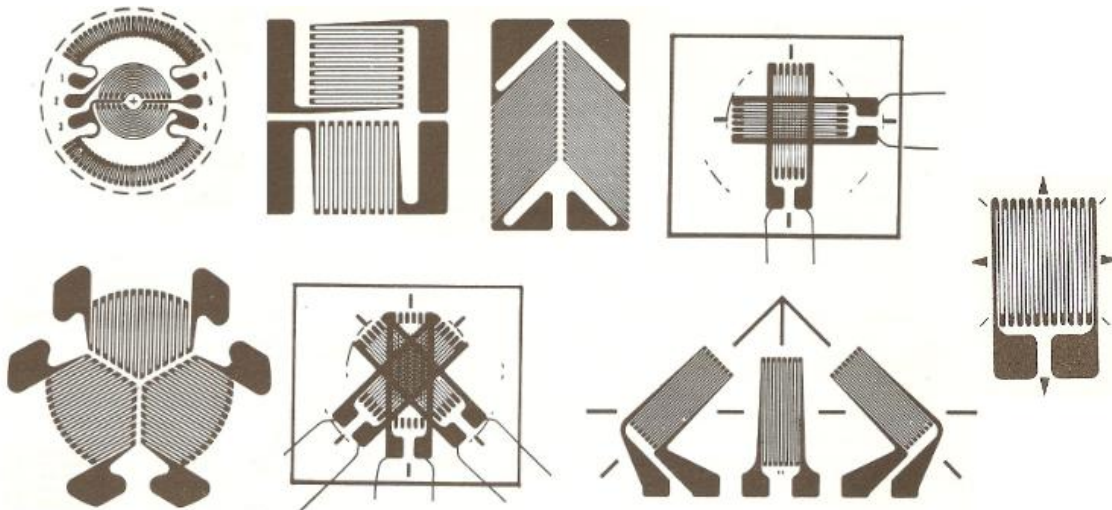


Figura 3.9.- Distintas construcciones de galgas extensiométricas.

### 3.D.1.a.2.- DETECTORES DE TEMPERATURA RESISTIVOS (RTD)

Los detectores de temperatura resistivos (*RTD-Resistance Temperature Detector*) varían su resistencia con el cambio de temperatura. En un conductor, el número de electrones disponibles para la conducción no cambia con la temperatura, pero si ésta aumenta, las vibraciones de los átomos alrededor de sus posiciones de equilibrio son mayores, y así dispersan más eficazmente a los electrones, provocando un aumento de la resistencia.

La aplicación más común de los RTD es la medida de temperaturas. La sonda de platino ofrece una medida estable y exacta. Para algunas aplicaciones se utilizan el níquel o aleaciones de éste, a temperaturas muy altas se emplea el wolframio, a temperaturas demasiado bajas se emplean aleaciones de rodio con hierro, y también resistencias de carbón y de germanio (Figura 3.10).

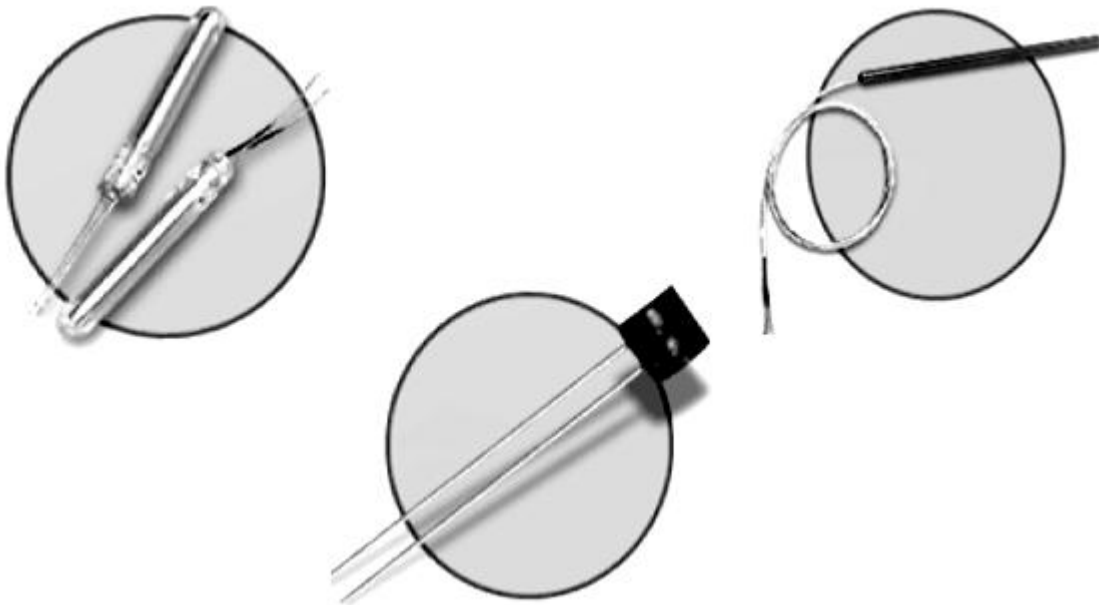


Figura 3.10.- Distintas construcciones de RTD's.

### 3.D.1.a.3.- TERMISTORES

Los termistores son resistores variables con la temperatura, basados en semiconductores. Si su coeficiente de temperatura es negativo se denominan NTC (Negative Temperature Coefficient: Coeficiente de Temperatura Negativo), mientras que si es positivo se denominan PTC (Positive Temperature Coefficient: Coeficiente de Temperatura Positivo).



El principio de los termistores está en la dependencia de la resistencia de los semiconductores con la temperatura, debida a la variación con ésta del número de portadores. Al aumentar la temperatura lo hace también el número de portadores reduciéndose la resistencia, de ahí que presenten coeficiente de temperatura negativo. Esta dependencia varía con la presencia de impurezas, si el dopado es muy intenso, el semiconductor adquiere propiedades metálicas con coeficiente de temperatura positivo (PTC) en un margen de temperaturas limitado.

Las NTC se fabrican a base de mezclar y sintetizar óxidos dopados de metales como el níquel, cobalto, manganeso, hierro y cobre, que se encapsulan con epoxy o vidrio. El proceso se realiza en una atmósfera controlada dándoles la forma y tamaño deseados. La proporción de óxidos determina la resistencia y el coeficiente de temperatura. Las PTC de conmutación están basadas en titanato de bario al que se añade titanato de plomo o de circonio para determinar la temperatura de conmutación. Las PTC de medición están basadas en silicio dopado (Figura 3.11).

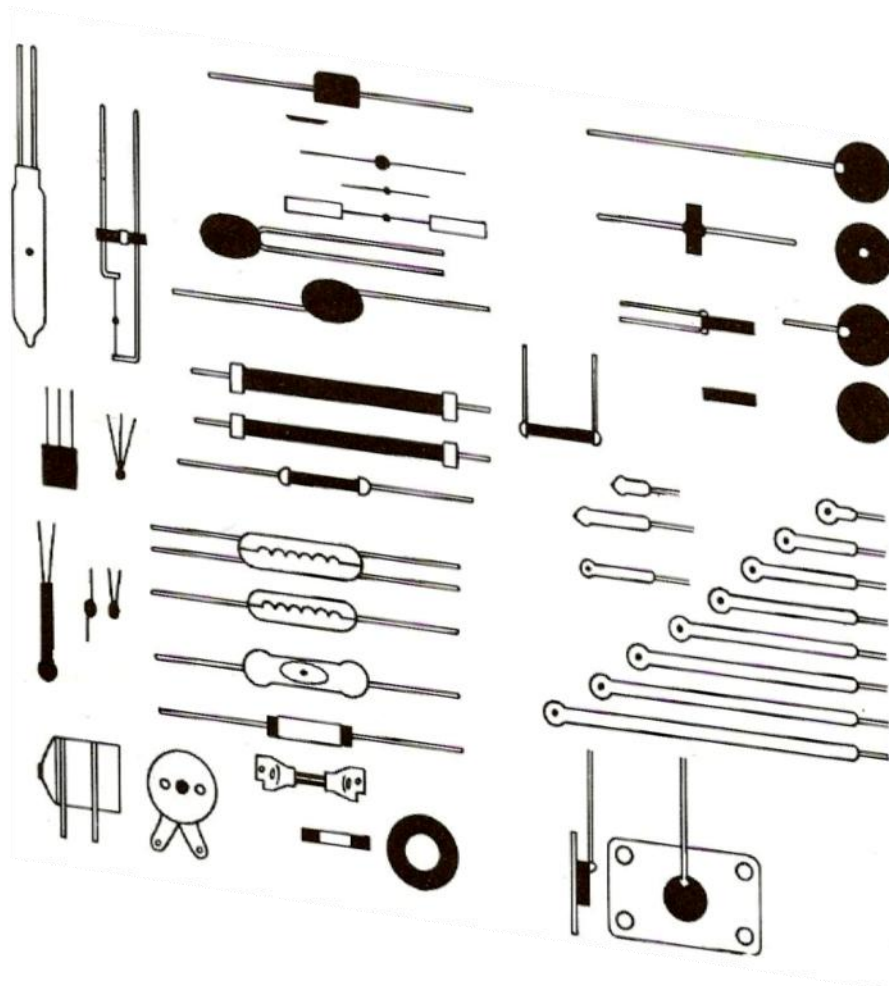


Figura 3.11.- Diversas formas de construcción de los termistores.



Entre las aplicaciones de los termistores se encuentran todas las relativas a la medida, control y compensación de temperatura, y las que se basan en calentarlo mediante el propio circuito de medida, por ejemplo, las medidas de caudal, nivel, vacío y el análisis de la composición de gases. Todos estos son casos en que varía la conductividad térmica del medio alrededor del termistor, también el control automático de volumen y potencia, la creación de retardos de tiempo y la supresión de transitorios.

#### 3.D.1.a.4.- HIGRÓMETROS RESISTIVOS

La humedad es la cantidad de vapor de agua presente en un gas, o de agua adsorbida o absorbida en un líquido o un sólido. Normalmente se mide la denominada humedad relativa que es la relación entre la presión parcial del vapor de agua presente y la necesaria para que hubiera saturación a una temperatura dada. La mayoría de los aislantes eléctricos presentan un descenso de resistividad brusco al aumentar su contenido de humedad. Si se mide la variación de su resistencia, se tiene un higrómetro resistivo. Si se mide la variación de capacidad, se tiene un higrómetro capacitivo.

La relación entre la humedad relativa y la resistencia es no lineal, en algunos higrómetros es casi exponencial. Como materiales se han empleado soluciones acuosas de una sal higroscópica, depositadas sobre un sustrato plástico, en forma de zigzag entre dos electrodos (Figura 3.12). También se tienen elementos basados directamente en los cambios de resistividad de un polímero, sin necesidad de película higroscópica, a base de tratar químicamente la superficie, los cuales son más recientes. Los higrómetros resistivos son más adecuados que los capacitivos cuando la humedad relativa es alta.

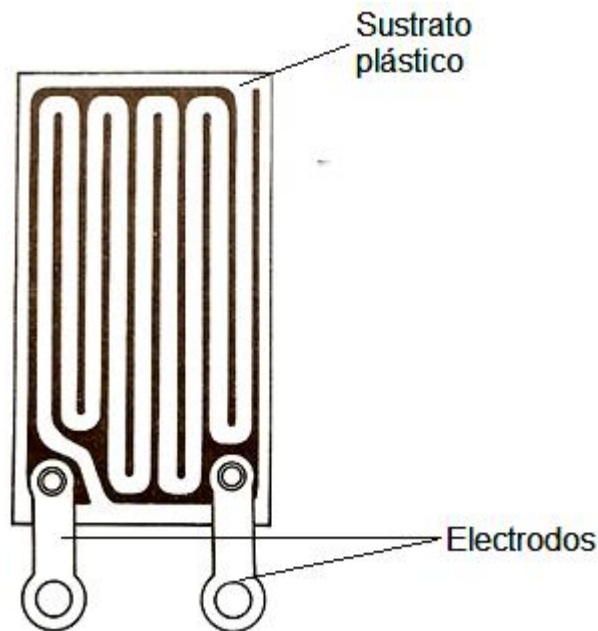


Figura 3.12.- Construcción básica de un higrómetro resistivo.

### 3.D.1.a.5.- RESISTENCIAS SEMICONDUCTORAS PARA LA DETECCIÓN DE GASES

A alta temperatura, la conductividad volumétrica o superficial de algunos óxidos semiconductores varía en función de la concentración de oxígeno del ambiente en el que están, debido a la presencia de defectos en la estructura cristalina, con un déficit de átomos de oxígeno. Al aumentar la temperatura, el oxígeno ( $O_2$ ) adsorbido y absorbido se disocia y sus electrones neutralizan el exceso de metal y reducen la conductividad. Una limitación de estos sensores es que no se pueden emplear para medidas de gases en disoluciones acuosas por que el agua y las sales afectan la conductividad del semiconductor, también son muy sensibles a la temperatura.

El material más utilizado es el dióxido de estaño, sinterizado para formar pequeñas esferas, con electrodos de oro como terminales de contacto. A veces el material se prepara en películas delgadas o gruesas sobre soporte cerámico. La elevada temperatura de funcionamiento se obtiene de un calefactor dentro o alrededor del sensor, o impreso en el dorso de la cerámica. Esto permite además que la temperatura de trabajo sea constante, y así se elimina su efecto sobre la sensibilidad a la temperatura (Figura 3.13).

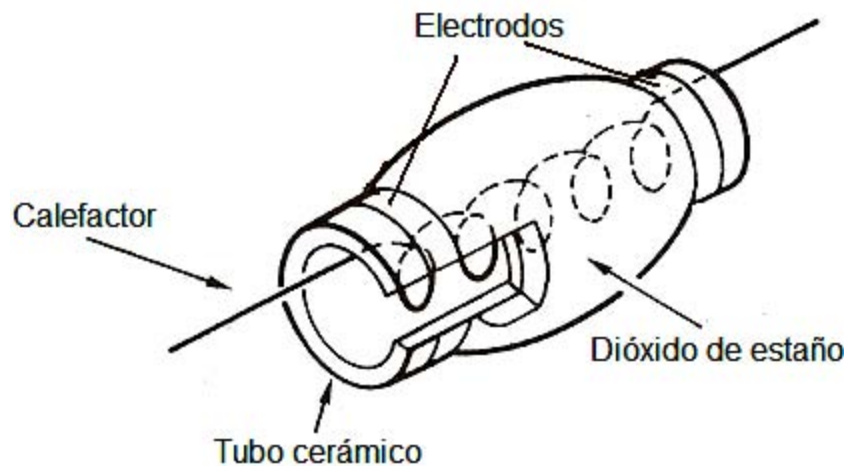


Figura 3.13.- Transductor de gas basado en dióxido de estaño.

Gran parte del desarrollo de estos detectores es debido al interés en monitorizar el  $O_2$  en los gases de escape de los motores de combustión interna. Hay también detectores para: hidrógeno, gas metano, gas butano, monóxido de carbono y gases de alcoholes. Se aplican a la detección de fuga de gases, de procesos de fermentación, al control del funcionamiento de la ventilación (aire acondicionado, detección de humo), alarmas contra incendio y detección de alcohol en gases espirados (pruebas de alcoholemia).

El óxido de estaño ha sido propuesto también como sensor de olor, mediante la adición de óxido de calcio. El olor está asociado a ciertas moléculas, y la detección es importante en la prevención de explosiones o envenenamiento (por monóxido de carbono,

por ejemplo); su medida es importante en el control de calidad de perfumes y fragancias, y también en el control ambiental.

### 3.D.1.b.- TRANSDUCCIÓN CAPACITIVA

Los elementos de transducción capacitiva varían su capacitancia con los cambios de la magnitud a medir. Dado que un elemento capacitivo consiste básicamente en dos electrodos separados por un dieléctrico, el cambio de capacidad puede ocasionarse por el movimiento de uno de los electrodos, acercándose o alejándose del otro electrodo, o mediante cambios en el dieléctrico colocado entre las dos placas fijas.

#### 3.D.1.b.1.- TRANSDUCTOR DE CAPACITANCIA VARIABLE

Dado que la capacitancia de un elemento capacitivo depende de tres factores principalmente, como son el área de las placas, la distancia entre ellas y el dieléctrico utilizado, es posible alterarla modificando cualquiera de estos factores. Este es el principio utilizado en los transductores de capacitancia variable (Figura 3.14).

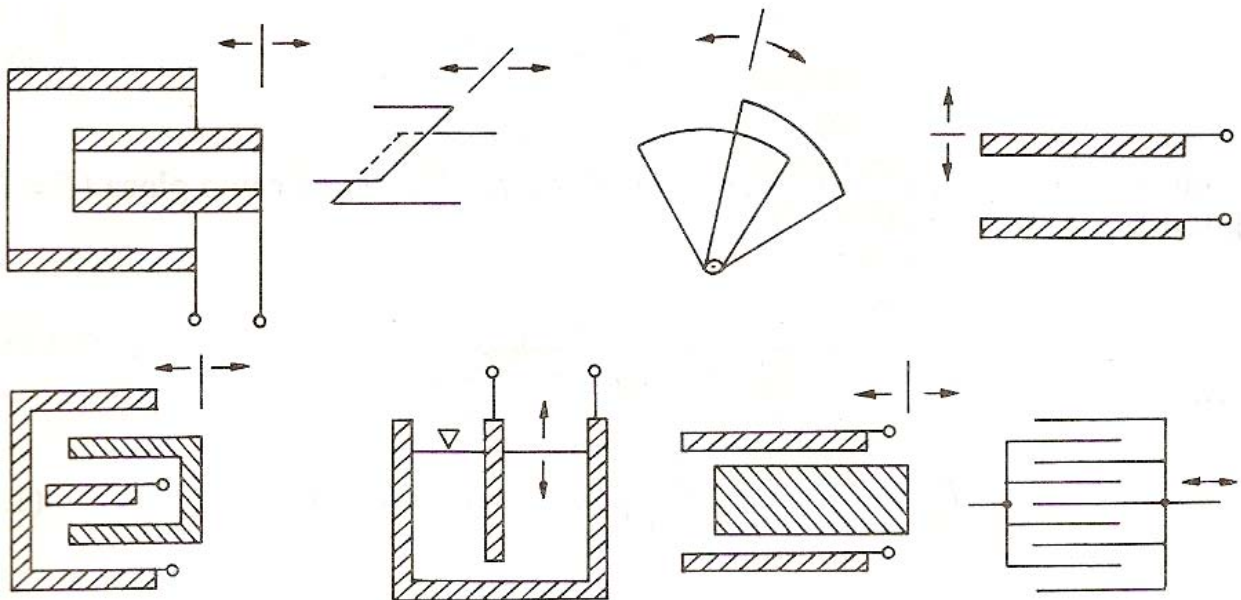


Figura 3.14.- Diversas disposiciones utilizadas en los transductores de capacitancia variable.

Entre las aplicaciones más inmediatas estos transductores están la medida de desplazamientos lineales y angulares, y los detectores de proximidad. Estos últimos se pueden aplicar a dieléctricos como: papel, madera, vidrio y plástico. Pueden detectar incluso a través de una pared o caja de cartón. Los transductores capacitivos permitirán la medida de cualquier magnitud que se pueda convertir en un desplazamiento, por ejemplo: la presión, la fuerza o par, la aceleración, si se aplica a un sistema inercial; algunos microacelerómetros de silicio están basados en un transductor de capacitancia variable.

Otra aplicación es la medida de nivel de líquidos conductores y no conductores (aceite, gasolina).

### 3.D.1.b.2.- TRANSDUCTOR CAPACITIVO DIFERENCIAL

Un transductor capacitivo diferencial consiste en dos elementos capacitivos dispuestos físicamente de tal modo que experimenten el mismo cambio pero en sentidos opuestos. Mediante un acondicionamiento adecuado de la señal de salida, se logra que sea lineal y una mayor sensibilidad con respecto a la de un transductor de capacitancia variable simple (Figura 3.15). Estos dispositivos se emplean para medir desplazamientos entre  $10^{-13}$  y 10 mm.

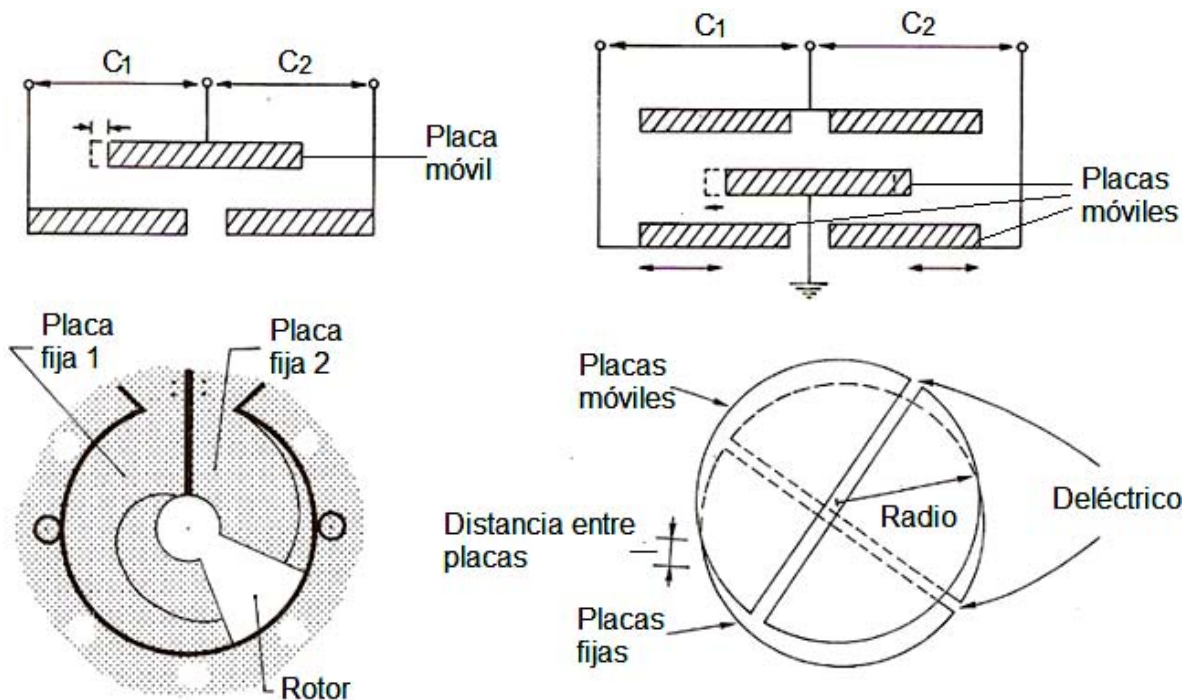


Figura 3.15.- Algunas disposiciones de los transductores capacitivos diferenciales.

### 3.D.1.c.- TRANSDUCCIÓN INDUCTIVA

Los elementos de transducción inductiva varían la inductancia de un devanado con el cambio de la magnitud a medir. Los cambios de inductancia pueden efectuarse mediante el movimiento de un núcleo ferromagnético interior al devanado, o mediante cambios de flujo introducidos externamente en un devanado con un núcleo fijo.

Existen elementos de transducción reluctiva que convierten un cambio de la magnitud en un cambio de tensión CA, debido al cambio de la reluctancia del camino magnético entre dos o más devanados, con una excitación CA aplicada al sistema de devanados. Esta categoría incluye los elementos de reluctancia variable, transformador diferencial y puente de inductancias. El cambio en la reluctancia del camino magnético

generalmente se realiza mediante el movimiento de un núcleo magnético interior al sistema de devanado.

### 3.D.1.c.1.- SENSORES BASADOS EN UNA VARIACIÓN DE RELUCTANCIA

La reluctancia es la oposición que ofrece un circuito al flujo magnético cuando se le aplica una fuerza magnetomotriz, y está dada por la siguiente fórmula:

$$\mathcal{R} = \frac{\mathcal{F}_{mm}}{\Phi} = \frac{NI}{\Phi}$$

Donde:

$\mathcal{R}$  es la reluctancia en  $\frac{A \cdot vuelta}{Wb}$

$\mathcal{F}_{mm}$  es la fuerza magnetomotriz en  $A \cdot vuelta$ .

$N$  es el número de vueltas.

$I$  es la corriente en Amperes (A).

$\Phi$  es el flujo magnético en Webers (Wb).

La variación de reluctancia en un circuito magnético se puede obtener por medio de la variación de diversos factores, como pueden ser: el número de vueltas de una bobina, la permeabilidad del material en el interior y alrededor de la bobina o la geometría (Figura 3.16).

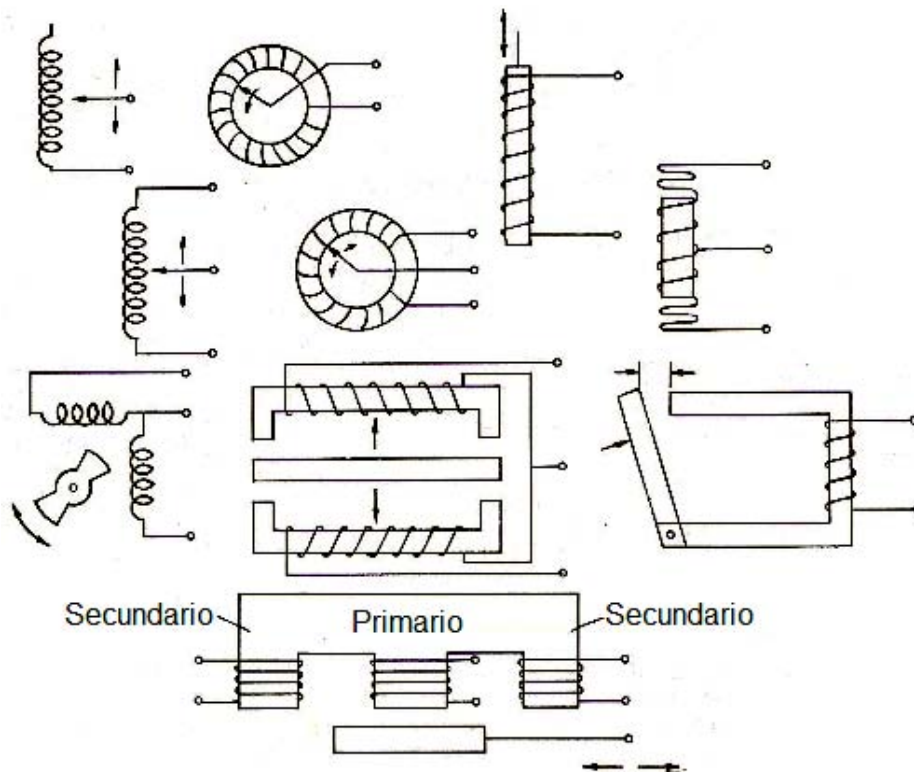


Figura 3.16.- Algunas configuraciones de los transductores basados en variación de reluctancia.

Entre las aplicaciones más comunes de este tipo de sensores se encuentran: la medida de desplazamiento y presión, y los detectores de proximidad de objetos metálicos férricos. Los sensores inductivos también permiten medir otras magnitudes si un sensor primario adecuado las convierte en un desplazamiento.

### 3.D.1.c.2.- TRANSFORMADORES DIFERENCIALES (LVDT)

El transformador diferencial de variación lineal (LVDT - *Linear Variable Differential Transformer*) se basa en la variación de la inductancia mutua entre un devanado primario y dos devanados secundarios al desplazarse a lo largo de su interior; un núcleo de material ferromagnético, arrastrado por un vástago no ferromagnético, unido a la pieza cuyo movimiento se desea medir. Al alimentar el devanado primario con un voltaje de CA, en la posición central los voltajes inducidos en cada devanado secundario son iguales y, al apartarse de dicha posición el núcleo, una de las dos tensiones crece y la otra se reduce en la misma magnitud (Figura 3.17).

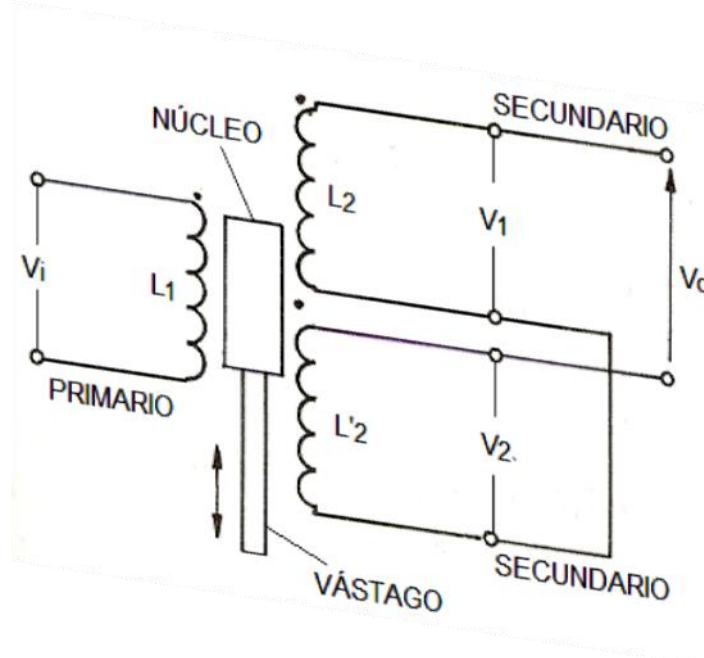


Figura 3.17.- Construcción básica de un LVDT.

Las aplicaciones de los LVDT son las medidas de desplazamiento y posición; es muy frecuente como detector de cero en servosistemas de posición en aviones y submarinos. Mediante el empleo de otros sensores, puede medir otras magnitudes que puedan provocar el desplazamiento del núcleo.

### 3.D.1.d.- TRANSDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Los elementos de transducción electromagnética convierten un cambio de la magnitud a medir en una fuerza electromotriz inducida en un conductor, debido a un cambio en el flujo magnético en ausencia de excitación. El cambio en el flujo magnético se



realiza principalmente en un movimiento relativo entre un electromagneto y un imán, o una porción de material magnético.

### 3.D.1.d.1.- SENSORES BASADOS EN LA LEY DE FARADAY

En una bobina, con cierto número de espiras, por la cual atraviere un flujo magnético y éste varíe con el tiempo, se induce un voltaje. A este fenómeno se le denomina Ley de Faraday y está dada por la siguiente expresión:

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Siendo:

$e$  el voltaje inducido en Volts (V).

$N$  el número de espiras de la bobina.

$\Phi$  el flujo magnético en Webers (Wb).

$t$  el tiempo en segundos (s).

El flujo magnético puede ser variable cuando es debido a una corriente alterna o cuando la posición del circuito varía con respecto al flujo cuando éste es constante. Entre los transductores de este tipo se encuentran los siguientes:

- a) *Tacómetros*.- Son empleados para medir velocidad angular, tienen una disposición similar a la de un motor bifásico, donde hay dos devanados de 90°, pero se comporta como un motor monofásico, de esta manera se logra que la amplitud del voltaje de salida sea variable y la frecuencia constante (Figura 3.18).

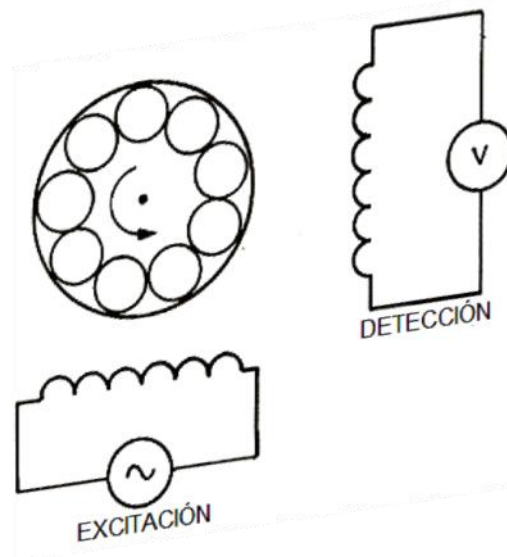


Figura 3.18.- Configuración de un tacómetro.

b) *Sensores de velocidad lineal (LVS-Linear Velocity Sensors).*- Se emplean para medir velocidades lineales aplicando la Ley de Faraday a un conductor que se mueva con velocidad lineal perpendicular a un campo magnético. Hay sensores de devanado móvil, donde hay un imán permanente y el devanado se mueve con la velocidad a detectar (Figura 3.19a) y sensores de núcleo móvil, dicho núcleo es un imán permanente (Figura 3.19b).

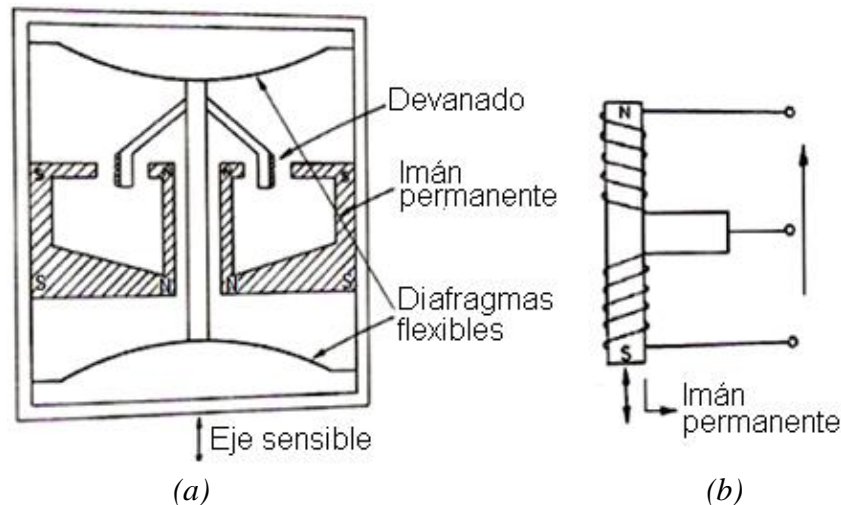


Figura 3.19.- (a) LVS de devanado móvil. (b) LVS de núcleo móvil.

c) *Caudalímetros electromagnéticos.*- Se utilizan para medir el nivel de caudal, en este caso se trata de un líquido conductor que se desplaza en el seno del campo magnético creado por dos bobinas externas, en dos electrodos dispuestos a  $90^\circ$  respecto al flujo y al campo (Figura 3.20). La proporcionalidad entre el voltaje de salida y el caudal sólo se da si el perfil de velocidades es simétrico respecto al eje longitudinal y el campo magnético es uniforme.

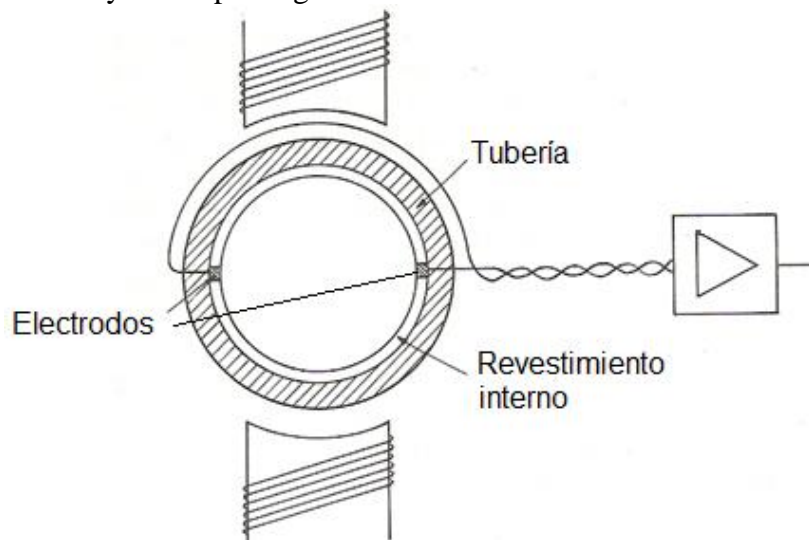


Figura 3.20.- Ejemplo de un caudalímetro electromagnético.



### 3.D.1.d.2.- SENSORES BASADOS EN EL EFECTO HALL

El efecto Hall consiste en la aparición de una diferencia de potencial transversal en un conductor o semiconductor por el cual circula una corriente eléctrica cuando se aplica un campo magnético en dirección perpendicular a ésta (Figura 3.21). En la fabricación de elementos Hall se emplean semiconductores en lugar de conductores, ya que se obtiene un voltaje Hall mayor debido a la menor conductividad de los semiconductores, además se puede controlar la movilidad de los portadores, agregando impurezas al semiconductor.

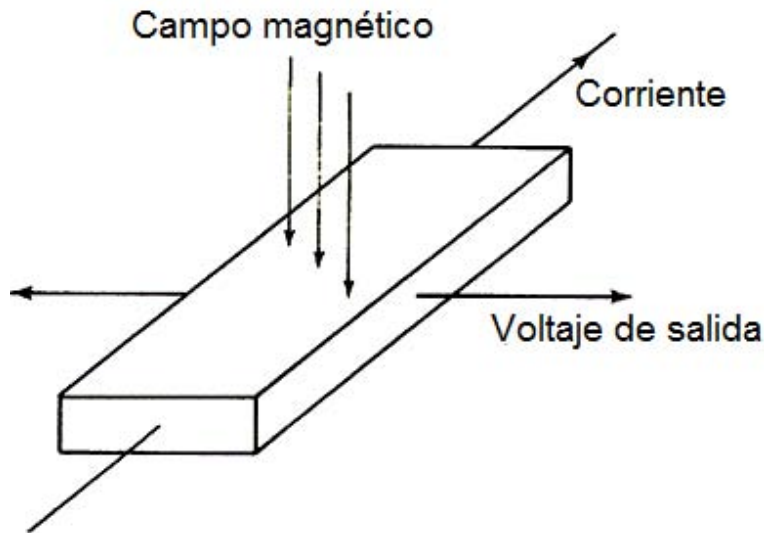


Figura 3.21.- Efecto Hall.

Entre las aplicaciones de este tipo de transductores se encuentran: la medida de campos magnéticos (gaussímetros), la medida de potencia eléctrica (wattímetros), y también la medida de corriente eléctrica, si se dispone el elemento Hall en el entrehierro de un toroide abierto en el que el paso de corriente crea un campo magnético proporcional.

### 3.D.1.d.3.- MAGNETORRESISTENCIAS

Si se aplica un campo magnético a un conductor por el que circula una corriente eléctrica, dependiendo de la dirección del campo, además de la tensión Hall, hay una reducción de la corriente al ser desviados algunos electrones de su trayectoria, por lo tanto, la resistencia se incrementa. Bajo este principio se rigen las magnetorresistencias.

Como material para su fabricación se emplea el permalloy, que es una aleación de hierro y níquel, con proporciones del 20% y 80% respectivamente. El material se deposita en un sustrato de vidrio mediante técnicas de película fina (Figura 3.22).

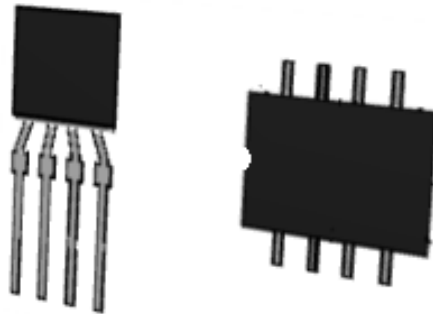


Figura 3.22.- Magnetorresistencias en distintos encapsulados.

Sus aplicaciones se pueden dividir en las de medida directa de campos magnéticos y las de medida de otras magnitudes a través de variaciones de campo magnético. En el primer grupo están el registro magnético de audio (sin perturbaciones debidas a las fluctuaciones de la velocidad de la cinta) y las lectoras de tarjetas magnéticas (de crédito, identificación, control de acceso, etc.) y de precios codificados magnéticamente. También se aplica para detectar partículas magnéticas en pacientes que vayan a ser sometidos a exploraciones de resonancia magnética. En el segundo grupo están la medida de desplazamientos y velocidades lineales y angulares, los detectores de proximidad, la medida de posiciones y la medida de niveles con flotador.

### 3.D.1.e.- TRANSDUCCIÓN TERMOELÉCTRICA

Los elementos de transducción termoelectrica convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la fuerza electromotriz, generada por la diferencia de temperaturas existente entre las uniones de dos materiales distintos seleccionados.

#### 3.D.1.e.1.- TERMOPARES

En un circuito de dos metales distintos homogéneos, con dos uniones a diferente temperatura, aparece una corriente eléctrica, de tal forma que se realiza una conversión de energía térmica en energía eléctrica que depende de los metales y de la diferencia de temperaturas entre las dos uniones, al conjunto de estos dos metales distintos con una unión firme en un punto o una zona se le llama termopar.

Su aplicación es la medida de temperaturas, y existen diversos tipos de termopares de acuerdo al rango de temperatura a medir y el entorno en que serán utilizados (Figura 3.23). Los termopares J son versátiles y de bajo costo, se pueden emplear en atmósferas oxidantes y reductoras, generalmente se aplican en hornos de combustión abiertos a la atmósfera. Los termopares K se usan en ambientes no reductores y tienen mejor margen de medida que los de tipo E, J y T cuando se trata de medir en atmósferas oxidantes. Los termopares T resisten la corrosión, de tal forma que se pueden usar en entornos con alta humedad. Los termopares E son los de mayor sensibilidad y resisten la corrosión por debajo de 0° C y ambientes oxidantes. Los termopares N resisten la oxidación y tienen gran

estabilidad a altas temperaturas. Los termopares con metales nobles (boro, azufre, etc.) tienen muy alta resistencia a la oxidación y a la corrosión.

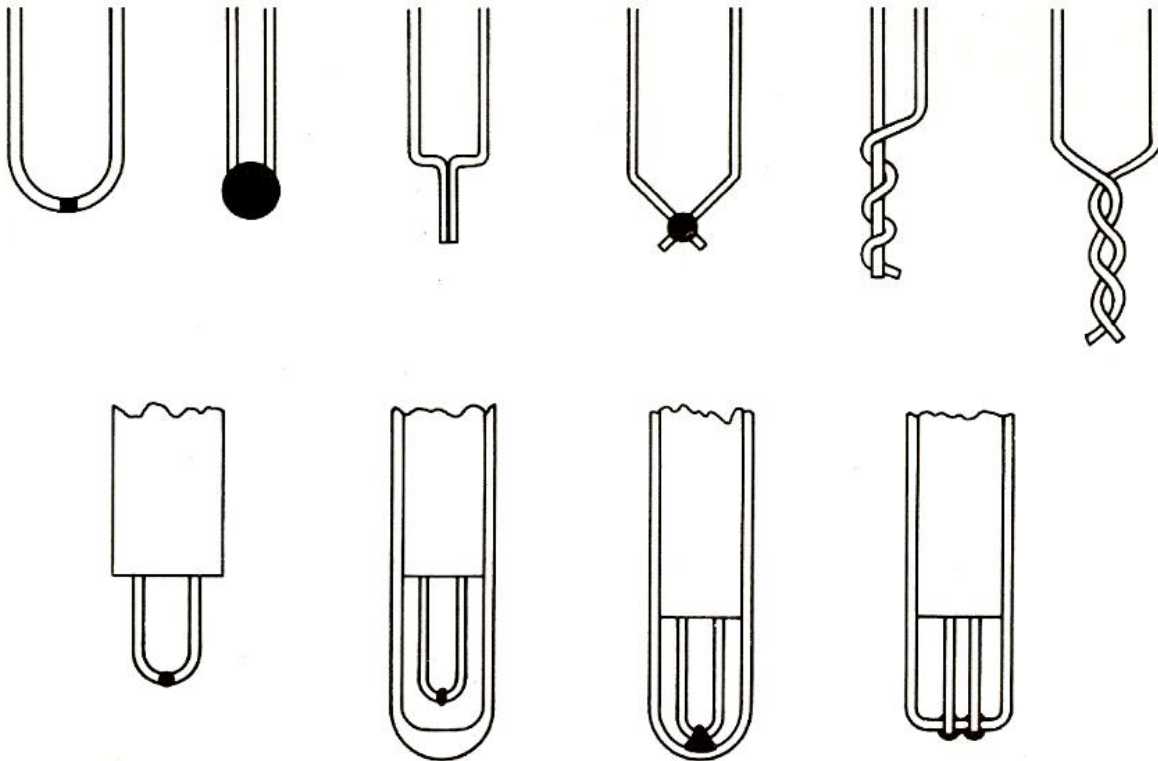


Figura 3.23.- Distintos tipos de uniones para los termopares.

### 3.D.1.f.- TRANSDUCCIÓN PIEZOELÉCTRICA

Los elementos de transducción piezoeléctrica convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la carga electrostática o voltaje, generado por ciertos materiales cuando se encuentran sometidos a un esfuerzo mecánico. Este esfuerzo se desarrolla mediante fuerzas de tensión o compresión, o por fuerzas de cortadura, ejercidas directamente sobre el material por un elemento sensor o por un elemento de enlace mecánico ligado al elemento sensor.

#### 3.D.1.f.1.- TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS

Las propiedades piezoeléctricas se presentan en cierto tipo de cristales que son empleados en la creación de diversos sensores para distintas aplicaciones. Entre los materiales piezoeléctricos naturales, los de uso más frecuente son el cuarzo y la turmalina; de sustancias sintéticas se utilizan principalmente cerámicas y algunos polímeros.

Estos transductores se utilizan en la medida de fuerza, presión (Figura 3.24), movimiento, vibración, fuga de líquidos, en la elaboración de micrófonos, entre otras.

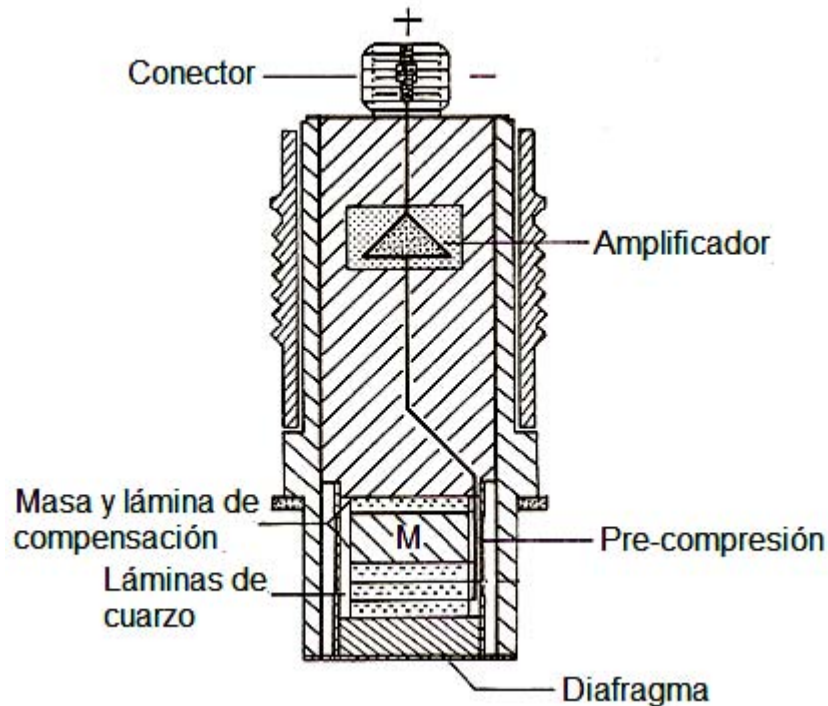


Figura 3.24.- Transductor de presión basado en el efecto piezoeléctrico.

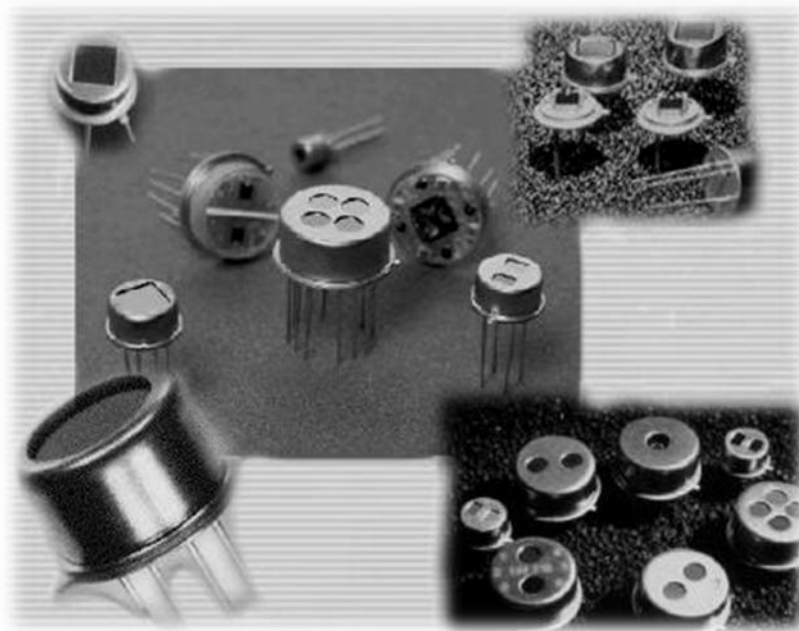
### 3.D.1.g.- TRANSDUCCIÓN PIROELÉCTRICA

El efecto piroeléctrico es análogo al piezoeléctrico, pero en lugar de la aparición de cargas eléctricas cuando se deforma un material, se trata de la aparición de cargas superficiales en una dirección determinada cuando se produce un cambio de temperatura. El efecto piroeléctrico se aplica principalmente a detección de radiación térmica a temperatura ambiente.

#### 3.D.1.g.1.- TRANSDUCTORES PIROELÉCTRICOS

Los transductores piroeléctricos están compuestos por un material ferroeléctrico entre dos electrodos, el cristal presenta una polarización espontánea que depende de la temperatura. Los cambios en la radiación incidente absorbidos por el cristal provocan una variación en su temperatura y además un cambio en la diferencia de potencial a través de los electrodos.

Entre sus aplicaciones se encuentran: la medida de temperatura a distancia en hornos, vidrio o metal fundido, radiómetros, analizadores de rayos infrarrojos, detectores de dióxido de carbono y otros gases que absorben radiación infrarroja, detección de la radiación infrarroja emitida por el cuerpo humano para detección de intrusos y de presencia en sistemas de encendido automático, etc. (Figura 3.25).



*Figura 3.25.- Diversos tipos de transductores piroeléctricos.*

### 3.D.1.h.- TRANSDUCCIÓN FOTOCONDUCTORA

Los elementos de transducción fotoconductor son especialmente sensibles a los cambios de la intensidad lumínica que incide sobre ellos, convirtiéndolos en un cambio de la conductividad, permitiendo el flujo de electrones en el material semiconductor.

#### 3.D.1.h.1.- ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético es la distribución energética de la radiación electromagnética, que son ondas producidas por la oscilación de una carga y tienen tanto componentes eléctricos como magnéticos. Se divide en segmentos de acuerdo a la longitud de onda que ocupan los diversos tipos de radiación electromagnética (Tabla 3.3).

Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)
Rayos gamma	< 10 pm	> 30,0 EHz
Rayos X	< 10 nm	> 30,0 PHz
Ultravioleta extremo	< 200 nm	> 1,5 PHz
Ultravioleta cercano	< 380 nm	> 789 THz

Luz Visible	< 780 nm	> 384 THz
Infrarrojo cercano	< 2,5 $\mu\text{m}$	> 120 THz
Infrarrojo medio	< 50 $\mu\text{m}$	> 6,00 THz
Infrarrojo lejano/submilimétrico	< 1 mm	> 300 GHz
Microondas	< 30 cm	> 1 GHz
Ultra Alta Frecuencia - Radio	< 1 m	> 300 MHz
Muy Alta Frecuencia - Radio	< 10 m	> 30 MHz
Onda Corta - Radio	< 180 m	> 1,7 MHz
Onda Media - Radio	< 650 m	> 650 kHz
Onda Larga - Radio	< 10 km	> 30 kHz
Muy Baja Frecuencia - Radio	> 10 km	< 30 kHz

Figura 3.3.- Los segmentos del espectro electromagnético.

La radiación ultravioleta, la visible y la infrarroja son llamadas en conjunto el espectro óptico (Figura 3.26). Muchos de los semiconductores sensibles a la luz emiten o detectan radiación infrarroja, aunque algunos como el silicio también son sensibles a la radiación visible. Al entrar energía a un cristal semiconductor, ésta excita electrones a niveles más altos, dejando mayor número de huecos, los electrones y huecos se pueden combinar y emitir fotones, o separarse y generar una corriente, este es el principio de los fotoconductores.



Figura 3.26.- El espectro óptico.

### 3.D.1.h.2.- FOTORRESISTENCIAS LDR

Las fotorresistencias (LDR – Light Dependent Resistor) se basan en la variación de la resistencia eléctrica de un semiconductor al incidir en él radiación óptica. Si la radiación tiene la suficiente energía para permitir el flujo de electrones, pero sin exceder el umbral necesario para que se desprendan del material, se tendrá efecto fotoeléctrico interno o fotoconductor, y a mayor iluminación mayor será la conductividad. Si se excediera dicho umbral, se tendría efecto fotoeléctrico externo.

En la zona visible ( $0.38$  a  $0.75\mu\text{m}$ ) y del infrarrojo muy cercano ( $0.75$  a  $1.4\mu\text{m}$ ) se emplean compuestos de cadmio. En la zona del infrarrojo cercano ( $1.4$  a  $3\mu\text{m}$ ) se emplean compuestos de plomo. En la zona del infrarrojo medio ( $3$  a  $14\mu\text{m}$ ) y lejano (hasta  $1\text{mm}$ ) se emplean compuestos de indio, telurio y aleaciones de telurio, cadmio y mercurio, así como el silicio y germanio dopados (Figura 3.27).



*Figura 3.27.- LDR's de propósito general.*

Entre las aplicaciones de las LDR están el control automático de brillo y contraste en receptores de televisión, el control de diafragmas de cámaras fotográficas, la detección de fuego, el control de iluminación en vías públicas, detectores de presencia y posición, algunas medidas de nivel de depósitos, etc.

### 3.D.1.h.3.- FOTODIODOS

Los fotodiodos son uniones *pn* específicamente diseñados para la detección de luz, un fotón creará un par electrón-hueco. Si el fotodiodo es polarizado inversamente fluirá una corriente cuando la luz incida sobre éste. Se pueden utilizar distintos diseños de encapsulados y de materiales para dar una mejor respuesta a ciertas longitudes de onda de



luz. Los fotodiodos de área pequeña (Figura 3.28a) tienen un tiempo de respuesta muy rápido y los fotodiodos de área grande (Figura 3.28b) tienen una mayor sensibilidad.

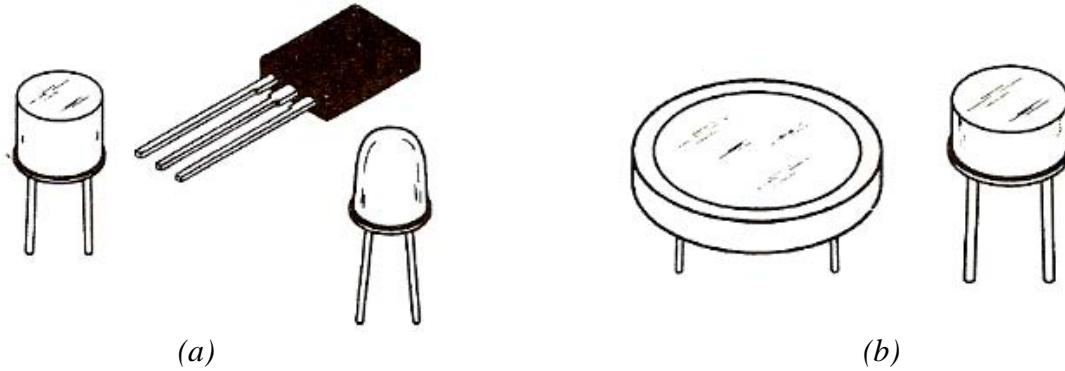


Figura 3.28.- (a) Fotodiodos de área pequeña. (b) Fotodiodos de área grande.

Los fotodiodos tienen aplicaciones tales como: comunicaciones ópticas, control de iluminación, control remoto por infrarrojos, monitoreo de llamas de gas y de petróleo, enfoque automático y control de exposición en cámaras, detectores de proximidad y de presencia, etc.

#### 3.D.1.h.4.- FOTOTRANSISTORES

Un fototransistor es un transistor sensible a la luz, generalmente es de tipo *npn* donde la base recibe la radiación óptica. Los fotones que inciden en la base reemplazan la corriente de base-emisor del fototransistor, por lo que amplifica directamente las variaciones en el número de fotones (Figura 3.29).

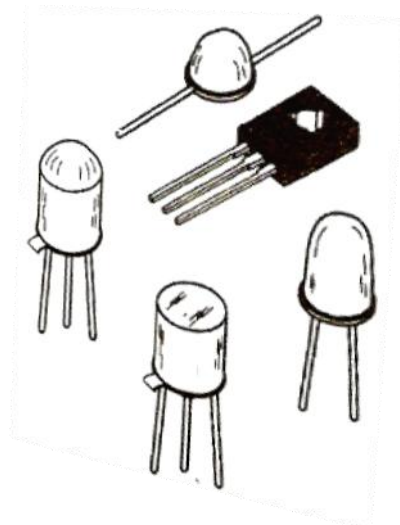


Figura 3.29.- Algunos encapsulados de los fototransistores.



Los fototransistores son utilizados frecuentemente para detectar fluctuaciones de señales de luz, así como para aplicaciones de conmutación gracias a su ganancia de corriente.

### 3.D.1.i.- TRANSDUCCIÓN FOTOVOLTAICA

Los elementos de transducción fotovoltaica reaccionan ante los cambios en la intensidad lumínica que incide sobre ellos, generando una diferencia de potencial en el material y que se modifica conforme la magnitud a medir cambia.

#### 3.D.1.i.1.- TRANSDUCTORES FOTOVOLTAICOS

Los transductores fotovoltaicos son generadores, es decir, no necesitan de un potencial de excitación exterior, su voltaje de salida es una función de la luz que incide sobre ellos. Generalmente son uniones  $pn$ , cuando incide radiación óptica sobre ellos aparecen pares electrón-hueco adicionales que se desplazan bajo la acción del campo eléctrico en la zona de unión, la llegada de electrones a la zona  $n$  y de huecos a la zona  $p$  produce un cambio en la diferencia de potencial.

Los sensores fotovoltaicos ofrecen mayor linealidad que los fotoconductores, son más rápidos y tienen menor ruido, aunque requieren amplificación. Se emplean en aplicaciones donde se mide la luz y donde la luz se utiliza como medio para detectar otra magnitud. Se han aplicado en fotómetros de llama, calorímetros, pirómetros de infrarrojos, detección de humo, lectores de tarjetas, y una de sus mayores aplicaciones es en la elaboración de celdas solares (Figura 3.30).

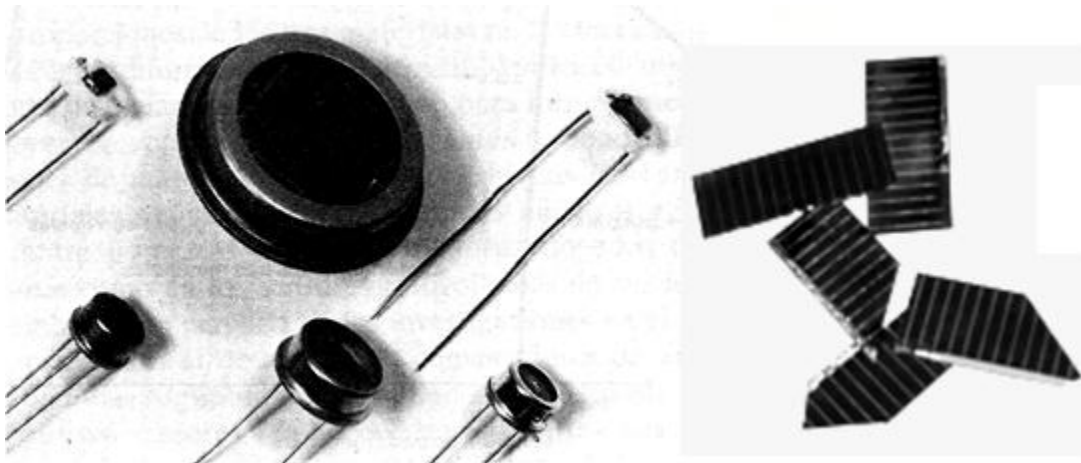


Figura 3.30.- Algunos diseños de los transductores fotovoltaicos.

#### 3.D.1.j.- OTROS TIPOS DE TRANSDUCTORES

Algunos tipos de transductores de diseño más complejo se definen a continuación.

### 3.D.1.j.1.- DISPOSITIVOS DE ACOPLAMIENTO DE CARGA CCD

Los dispositivos de acoplamiento de carga (*CCD-Charge Coupled Device*) son IC's que se componen por un conjunto de fotodiodos acoplados que reaccionan a los cambios de radiación óptica (Figura 3.31), generando pulsos eléctricos; el número de electrones producido es proporcional a la cantidad de luz que inciden sobre ellos. Los fotodiodos se comportan como condensadores, cada fotodiodo puede transferir su carga a uno o varios de los condensadores que estén a su lado. En los CCD el ruido electrónico aumenta con la temperatura.

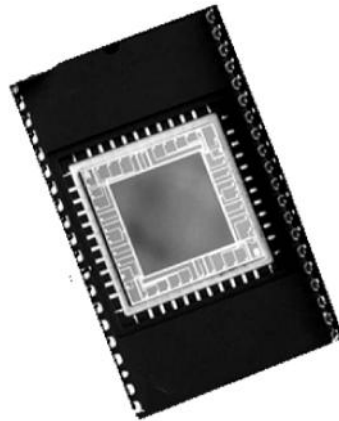


Figura 3.31.- Dispositivo de acoplamiento de carga CCD.

Hay dos tipos de CCD, el sensor de línea y el sensor de área. En un sensor de línea hay una línea de elementos transductores llamados *fotopuntos* o *pixeles* (*pixels en inglés-picture elements*), con un electrodo común llamado *fotopuerta*, el número de pixeles en los modelos comerciales estándar va de 128 a 6000. El sensor de área consiste en una matriz de fotosensores dispuestos en filas y columnas, hay modelos desde 192, en horizontal, por 165, en vertical, hasta 4096 por 4096, y se siguen investigando modelos de mayor capacidad. Los CCD se utilizan en cámaras de TV, circuitos cerrados de TV, cámaras fotográficas digitales, y en general, en dispositivos de formación de imágenes que trabajen con radiación visible o infrarroja.

### 3.D.1.j.2.- TRANSDUCTORES BASADOS EN ULTRASONIDOS

Los ultrasonidos son señales sonoras que tienen una frecuencia mayor al rango audible por el humano (20Hz-20KHz). Toda radiación que incide sobre un objeto, en parte se transmite, en parte se refleja y en parte es absorbida, si esto se suma que hay un movimiento relativo entre la fuente de radiación y el reflector, se produce un cambio en la frecuencia de la señal, este suceso se conoce como efecto Doppler y es bajo este principio que operan los transductores ultrasónicos.

Los transductores ultrasónicos cuentan con un transmisor y un receptor, sus aplicaciones generalmente están relacionadas con su velocidad, tiempo de propagación y,

en algunos casos, con la atenuación o interrupción del haz propagado (Figura 3.32). Se emplean en medidores de nivel, detectores de proximidad, medidores de espesor, medidores de temperatura, medidas de la densidad de gases y líquidos, detectores de grietas en materiales estructurales, entre otras aplicaciones.

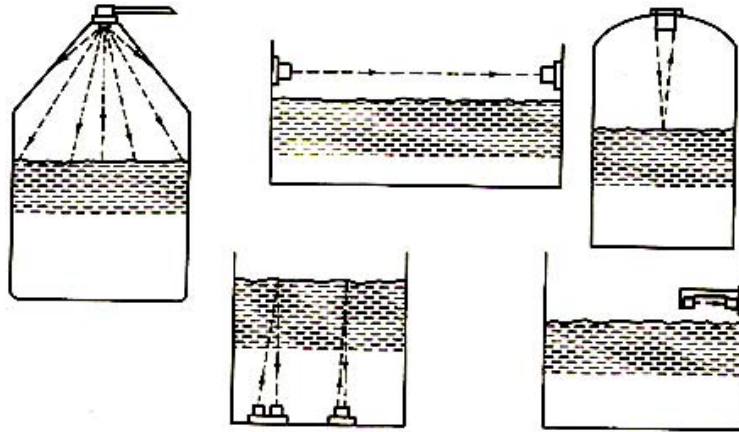


Figura 3.32.- Sensores ultrasónicos aplicados en medidores de nivel.

### 3.D.1.j.3.- BIOSENSORES

Los biosensores son dispositivos de medida basados en un material biológico que obtiene un resultado específico ante una sustancia determinada. Su estructura básica se basa en una membrana semipermeable externa que permite el paso de la sustancia a detectar, denominada analito, y bloquea el paso a otras sustancias presentes a las que sea sensible el material biológico, éste interactúa con el analito y da una respuesta a un sensor primario, que puede ser un sensor de cualquier tipo; entre el material biológico y el sensor puede haber otra membrana de distinta permeabilidad que la externa (Figura 3.33). Como materiales biológicos se emplean enzimas inmovilizadas, anticuerpos, células, o fragmentos de tejidos.

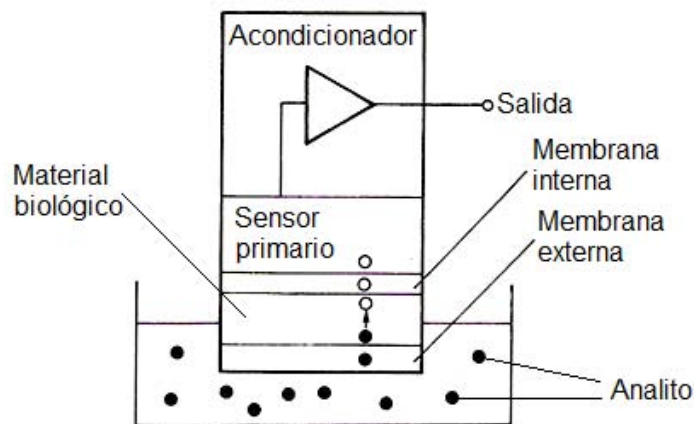


Figura 3.33.- Estructura básica de un biosensor.

Los biosensores cuentan con gran sensibilidad, especificidad y velocidad de respuesta, se pueden aplicar en medicina, en la industria química, alimentaria y farmacéutica, y en detección de contaminantes.

### 3.D.1.j.4.- SENSORES INTELIGENTES

Un sensor inteligente combina la función de transducción y algunas de las funciones de procesamiento de la señal y comunicación. Además de la detección, puede incluir el acondicionamiento de la señal, ganancia y linealidad, compensación ambiental, escalamiento y conversión de unidades, comunicación digital, autodiagnóstico, decisión, e incluso, activación o acción sobre el sistema donde es conectado. De manera que, un sensor inteligente incluye, a parte del sensor, por lo menos un algoritmo de control, memoria y capacidad de comunicación digital (Figura 3.34).

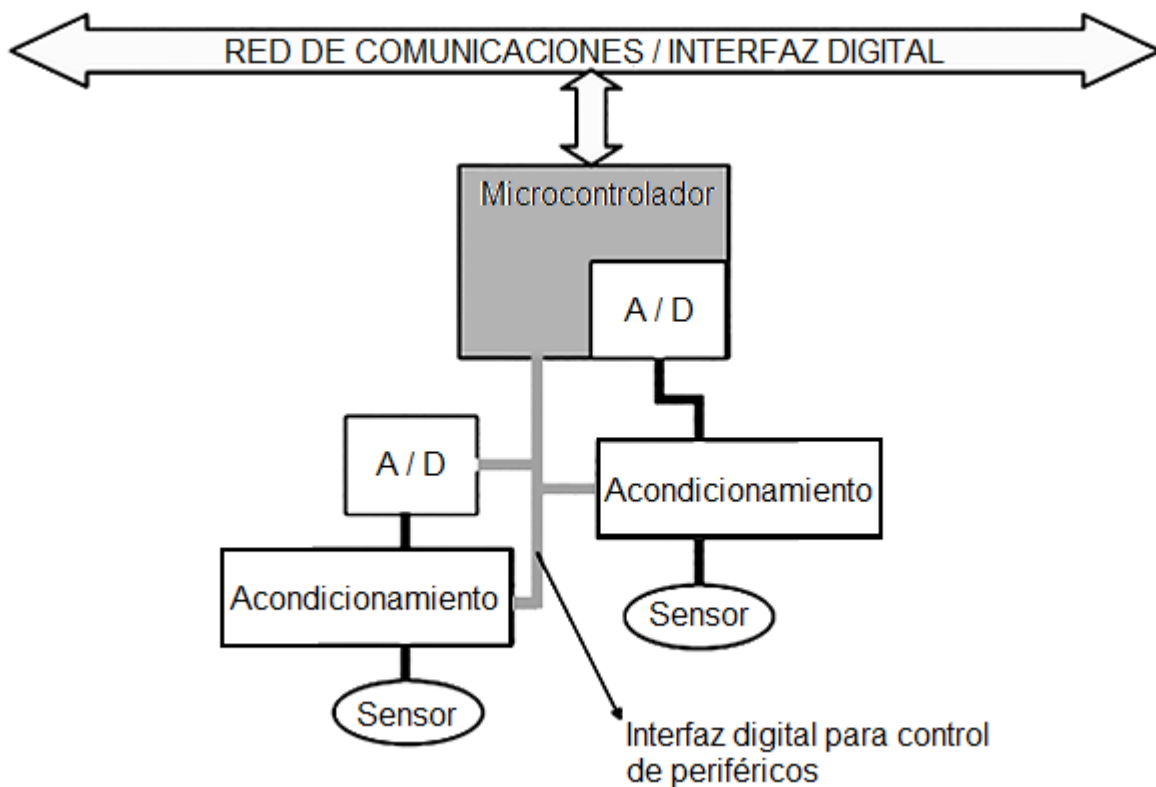


Figura 3.34.- Bloque conceptual de un sensor inteligente.

Los sensores inteligentes detectan magnitudes que percibimos con nuestros sentidos y comandan tareas que antes sólo podía realizar un operador humano.



***CAPÍTULO 4:***  
***LOS TRANSDUCTORES EN LOS***  
***SISTEMAS DE SEGURIDAD***

---

---

#### 4.A.- INTRODUCCIÓN

Para que un sistema de seguridad brinde una protección eficaz ante determinado evento, es necesario que todos sus componentes actúen en el momento indicado, es decir, que no omitan dicho evento o produzcan falsas alarmas.

Los transductores tienen la gran responsabilidad de la detección de los eventos no deseados, como podrían ser: incendio, intrusión, etc. Al ser los elementos principales en un sistema de seguridad, son de suma importancia, ya que de ellos depende que se realice la correcta detección de un evento. Para elegir el transductor adecuado, se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones para obtener la mayor eficiencia de éste.

#### 4.B.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

Básicamente, los sistemas de seguridad cuentan con las siguientes etapas: transductor o sensor, acondicionador de la señal, actuador y/o sistema de alarma. Sin embargo, se pueden clasificar con base en la función que llevarán a cabo, siendo cinco las principales: sistema contra incendio, sistema contra intrusión, sistema de control de acceso, circuito cerrado de televisión (CCTV) y sistema integrado.

##### 4.B.1.- SISTEMA CONTRA INCENDIO

El sistema contra incendio es el encargado de brindar protección contra éste, activando una alarma y, en la mayoría de las ocasiones, cuenta con un sistema de rociadores o extintores para apagar el fuego. La prioridad en todo sistema de seguridad es la de proteger la integridad de las personas, y en segundo lugar, los bienes o recursos personales. Los sistemas contra incendio tienen la gran responsabilidad de la detección de fuego y advertir instantáneamente a los ocupantes de un lugar que este suceso está ocurriendo, para que el personal correspondiente actúe inmediatamente en la extinción del incendio. Un sistema contra incendio puede contener los siguientes elementos (Figura 4.1):

- *Panel de control.*- Es el componente que lleva el control del sistema, y a veces puede ser identificado como el “cerebro”. Todos los componentes que integran el sistema, sean cableados o inalámbricos, están registrados en el Panel de control, lo que le permite reconocer cada componente y permite intercambio de información de estado entre los distintos sensores y éste. Los reportes de estado del sistema son generados a intervalos programados. Una vez recibidos y registrados por el panel, pueden enviarse a una Estación Central mediante líneas telefónicas. En caso de una falla o una condición de alarma, la Estación Central toma la decisión apropiada para contactar al Director de seguridad o del establecimiento, al distribuidor y, en caso necesario, a los servicios de emergencia.
- *Teclado.*- Permite a los usuarios comunicarse y relacionarse con el sistema. El estado del sistema es mostrado claramente a los usuarios, en caso de una falla o

una condición de alarma, muestra mensajes que le permite al usuario y al personal de emergencia llegar al punto exacto y responder de forma adecuada.

– *Sensor.*- Es el encargado de captar la existencia de fuego y enviar la señal de alarma al Panel de control para que actúe en consecuencia; distintos factores van a determinar el lugar y el número de detectores requeridos para la instalación, así como el tipo de sensor más conveniente.

– *Avisador manual.*- Es un dispositivo que se ubica a lo largo de la instalación para permitir a los ocupantes comunicar rápidamente la presencia de fuego u otra condición de emergencia, mediante la acción de una palanca, enviando una señal de alarma al Panel de control.

– *Anunciador/controlador.*- Es un pequeño panel con varios LED's de diversos colores, generalmente ubicado en una pared cercana a la entrada principal de la edificación. Las luces corresponden a una zona dentro de la instalación, o al estado del sistema, el cual puede indicar falla o alarma. Este panel permite al personal de emergencia identificar rápida y fácilmente la ubicación del incendio.

– *Sirena/luces estroboscópicas.*- En el caso de una condición de emergencia, una sirena, una luz estroboscópica o una combinación de ambas es usada para alertar a los ocupantes de la instalación de que existe una condición de alarma. La sirena emite una señal sonora, mientras que la luz estroboscópica provee una señal visual a través del rápido parpadeo de luces, alertando a los ocupantes de un lugar.

– *Rociadores/extintores.*- Estos elementos actúan cuando el evento ha sido detectado por el sistema. En el caso de los rociadores, van conectados a una tubería de agua, de tal forma que al ser activados se encargan de rociarla a su alrededor. Los extintores, al ser activados, liberan su producto activo, eliminando el fuego a su alrededor.

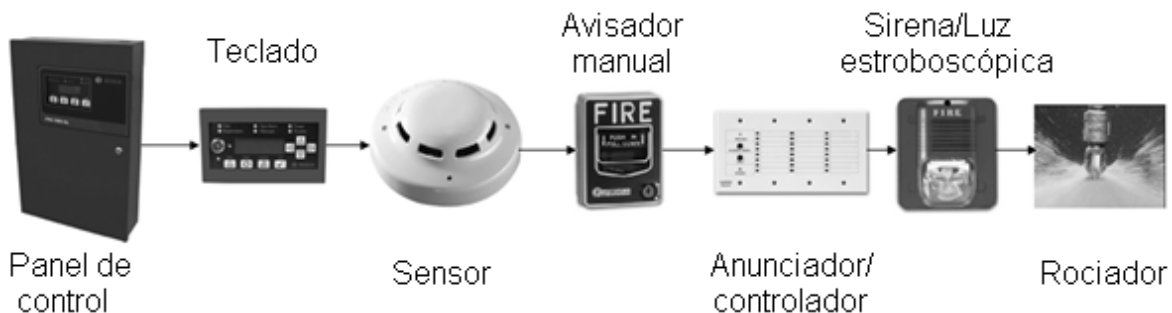


Figura 4.1.- Sistema contra incendio.

#### 4.B.2.- SISTEMA CONTRA INTRUSIÓN

Este sistema se encarga de la detección de personas no deseadas en una residencia, negocio o empresa, principalmente ladrones; en algunas ocasiones se encuentra conectado a un conmutador que da aviso a la policía. Una intrusión pone en riesgo tanto a las personas como a los bienes que se encuentran en determinada propiedad. Con un sistema contra intrusos, se puede determinar y prevenir el arribo de una persona no deseada, ligando una propiedad a una estación central que permita un monitoreo continuo. El sistema puede contener los siguientes componentes (Figura 4.2):

- *Panel de control.*- Recibe la información de los sensores y envía las señales a la estación central, donde se lleva a cabo el monitoreo y, en caso de emergencia, activa una alarma y/o contacta a las autoridades pertinentes. El panel de control generalmente se instala en un lugar oculto.
- *Contactos de puertas/ventanas.*- Los contactos de puertas y ventanas emiten una alarma cuando un intruso fuerza una puerta o ventana para abrirla. Estos dispositivos están compuestos por interruptores, creando un circuito eléctrico que detecta cuando una puerta o ventana es forzada para ser abierta. Todas las puertas y todas las ventanas que sean tan grandes como para permitir la entrada a una propiedad deben ser equipadas con un contacto. Los contactos pueden ser usados en las puertas interiores como trampas.
- *Teclado.*- Permite al usuario comunicarse con el sistema digitando un código o presentando una tarjeta, el teclado mostrará el estado del sistema en un visor LCD. Los teclados son altamente personalizables y pueden ser usados en conjunto con otras tecnologías, por ejemplo, un usuario puede designarle a una computadora que registre el momento en el que una "credencial" (el ejemplo incluye tarjetas inteligentes, tarjetas de proximidad, tarjetas de banda magnética y llaves remotas) es presentada ante el lector cerca de una puerta.
- *Sensor.*- Detecta el paso de personas no autorizadas a una propiedad y envía una señal de alarma al panel de control. Los sensores más utilizados en los sistemas contra intrusión son los detectores de movimiento. Otro tipo de sensores que son utilizados en estos sistemas son los sensores de rotura de vidrios.
- *Anunciador/controlador.*- Es cualquier dispositivo o grupo de dispositivos que comunica al usuario el estado del sistema dándole una señal visual, audible o ambas cuando es activado en una situación de emergencia. Puede ser una sirena o luz estroboscópica en el lugar, o algo más sofisticado como un avisador gráfico mostrando el plano de piso del lugar protegido. En un avisador gráfico, cada dispositivo de detección en un sistema de seguridad corresponde a una lámpara en el avisador. El personal de seguridad es capaz de monitorear una propiedad desde una única ubicación basándose en las señales visuales y audibles provenientes del anunciador.



- *Botón contra atraco.*- Es también conocido como botón de pánico. Este dispositivo puede producir una alarma silenciosa o una alarma local en caso de ser una emergencia extrema, como puede ser: un asalto, un incendio o un caso de enfermedad grave. Generalmente, se encuentra escondido del plano de vista, y la alarma es silenciosa cuando es usada como una alarma de asalto. Los botones de pánico inalámbricos pueden ser usados, brindando protección en cualquier lugar del local protegido, además de poder ser usados como alertas médicas.
- *Llave remota.*- Es un tipo de identificación de seguridad. Es pequeño, fácil de transportar y proteger. Frecuentemente se lleva en un llavero, y puede ser presentado ante el lector, agitándolo o sosteniéndolo frente al mismo. Algunos sistemas pueden necesitar el ingreso de un código en un teclado, como una medida de seguridad adicional. Las llaves pueden ser usadas para desempeñar varias funciones, por ejemplo: activar luces o puertas de cocheras.
- *Respaldo de largo alcance celular/radial.*- Puede proveer un sistema de seguridad apropiado con un método secundario para la comunicación a la central de monitoreo de 24 horas, en el caso de que el servicio telefónico sea cortado o que la línea sea alterada intencionalmente. Estos dos sistemas permiten enviar señales de alarma y de estado, y no generan cambios en el modo en que el usuario utiliza el sistema de seguridad. Las unidades de radio y celular pueden ser fácilmente instaladas en áreas dentro del rango de alcance.



Figura 4.2.- Sistema contra intrusión.

### 4.B.3.- SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO

Se emplea para restringir el acceso a personas no autorizadas a las áreas que así lo requieran dentro del lugar de trabajo, aunque también se puede utilizar para recursos materiales. El control de acceso es una medida clave de seguridad para negocios, viviendas e industrias. Un moderno sistema de control de acceso puede ser usado como una herramienta de gestión y de seguridad para todo el edificio, haciendo un seguimiento de los recursos basado en quiénes son las personas que tienen derecho al acceso a diversas zonas. Estos sistemas pueden ser configurados para desbloquear las puertas de un área común en

un momento predeterminado. El sistema puede contar con los siguientes componentes (Figura 4.3):

- *Panel de control.*- Recibe información desde los lectores y sensores, tomando la decisión de permitir o negar la entrada o acceso a algún recurso. Algunos sistemas de control de acceso pueden comunicarse con una estación central.
- *Lectores de tarjetas.*- Un control de acceso de lectura entrega información al sistema que admite o niega la entrada basándose en un sistema biométrico (por ejemplo: como un escaneo de retina o huella dactilar), un código de ingreso, una credencial, tal como una llave remota o una tarjeta inteligente. Hay una gran variedad de lectores basados en el tamaño de la instalación, presupuesto y sofisticación del sistema.
- *Tarjetas.*- Se utilizan para permitir el acceso a zonas restringidas cuando ésta es válida al pasar por un lector de tarjetas. Algunas tarjetas contienen una banda magnética que le provee información a un lector cuando son deslizadas a través de éste. Las tarjetas de proximidad no requieren contacto con el lector y algunas traen código de barras. Otras tarjetas tienen incorporado un microprocesador y/o chip de memoria. La tarjeta con microprocesador puede manipular información en la misma tarjeta y, en algunos casos, puede prescindir del acceso a una base de datos en el momento de una operación, mientras que una tarjeta que sólo cuenta con chip de memoria solamente puede manejar una operación predefinida.
- *Solicitud de salida (RTE-Request To Exit).*- Cuando alguien se aproxima a una puerta de salida, un sensor de solicitud de salida detecta un movimiento, y automáticamente libera el pestillo, permitiendo a la persona retirarse.
- *Control de estado de puerta.*- Es un interruptor que notifica al sistema si la puerta está abierta o cerrada. El sistema puede detectar si la puerta ha sido forzada para abrirla, o si algo está obstruyendo el camino de la puerta para que ésta no se cierre correctamente.
- *Programación en línea y fuera de línea.*- Es el programa utilizado para administrar la base de datos del sistema. El sistema puede ser administrado a través de una interfaz de computadora para agregar, eliminar o modificar permisos de acceso a empleados, visitantes, vendedores, personal de acceso, y otras personas que necesiten acceso temporal. El sistema puede suministrar reportes del ingreso y egreso de cada individuo. Incluso, cuando la computadora es desconectada, el sistema sigue operando porque los parámetros están guardados en la memoria del panel de control.

- *Creador de identificadores.*- Una impresora de identificaciones se puede combinar con un programa para crear identificaciones para controles de acceso, de manera que se pueden emplear fotografías, códigos de barras, imágenes y números de identificación como identificadores únicos.
- *Retenciones magnéticas/pestillos para puertas.*- Son los dispositivos de bloqueo más usados comúnmente en la industria del control de acceso. Los pestillos eléctricos normalmente no están energizados cuando se encuentran bloqueados, y cuando se les aplica energía, se desbloquean. Las retenciones magnéticas están normalmente energizadas cuando se encuentran bloqueadas y se desbloquean cuando se les desconecta la energía.

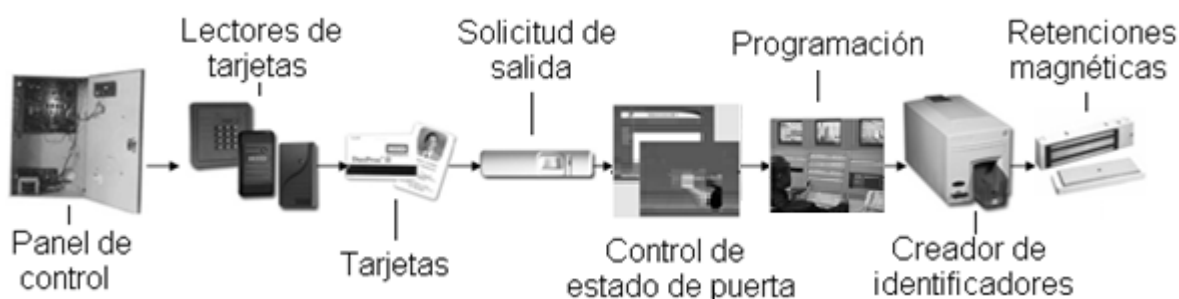


Figura 4.3.- Sistema de control acceso.

#### 4.B.4.- CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV)

Es un sistema de monitoreo que tiene la finalidad de observar zonas específicas debido a su importancia, utilizando, como elemento principal, cámaras de video. Las cámaras de circuito cerrado de televisión son instaladas generalmente en puntos de entrada y de alto nivel de seguridad que necesitan constante monitoreo, tanto en interior como exterior. Las señales de video y control pueden ser enviadas a través de cable coaxial, fibra óptica, inalámbricamente, mediante una red de área local (LAN-Local Area Network) o mediante una red de área amplia (WAN-Wide Area Network). Las cámaras pueden ser activadas mediante un sistema de seguridad o control de acceso. Muchas cámaras incorporan capacidades de sensar movimiento, y moverse en correspondencia con lo que detecta. El CCTV puede integrar los siguientes elementos (Figura 4.4):

- *Cámara interior.*- Permite prevenir la pérdida de propiedad y activos, fraudes por seguros y el desperdicio de horas de trabajo por parte de los empleados. Una cámara fija usa un lente fijo para monitorear un área específica. Una cámara equipada con un lente de acercamiento se mantendrá enfocada en una dirección, pero permite hacer acercamiento para observar detalles. Una cámara combinada representa la opción más sofisticada, debido a que ofrece acercamiento, auto enfoque, posibilidad de hacer paneo en ambas direcciones, e inclinación hacia

arriba y hacia abajo, un domo plástico previene que las personas vean hacia donde está dirigida la cámara.

– *Cámara exterior.*- Permite la fácil detección de una intrusión mediante el monitoreo perimetral. Las cámaras para exterior son equipadas generalmente con aumento, capacidades de orientación horizontal y vertical, y están protegidas con algún tipo de impermeabilización. Una cámara unificada, cuenta con un dispositivo que hace circular aire templado en toda la cámara para mantenerla en óptimas condiciones en climas fríos. Una cámara exterior brinda una seguridad extra para empleados o visitantes, y puede ser usada para prevenir los robos cuando está ubicada fuera de un hogar.

– *Controlador de video.*- Es una palanca de mando o teclado ubicado en la estación de control, que permite al usuario mover la cámara vertical y horizontalmente, y alejar o acercar la imagen para seguir una persona o vehículo dentro o fuera del recinto. Las cámaras modernas tienen la habilidad de captar movimiento o falta de movimiento, grabando la actividad o inactividad, y/o alertar al personal de seguridad para que tome una decisión.

– *Monitoreo local y remoto.*- En la actualidad, las imágenes enviadas por una cámara a través de una red pueden ser visualizadas o manipuladas en una computadora de escritorio en tiempo real, y múltiples ubicaciones pueden ser monitoreadas remotamente.

– *Monitor de CCTV.*- Recibe la señal de video desde una cámara de CCTV y la muestra. El monitor puede ser blanco y negro o a color. Generalmente, se encuentra destinado únicamente para visualizar las imágenes que le está enviando la cámara. La configuración de monitores puede incluir un único monitor puntual combinado con un monitor general del sistema con varias tomas, mostrando cuatro, ocho o más de estas. El operador puede observar la actividad seleccionada en el monitor mientras que las otras imágenes pueden ser visualizadas y observadas sin interrupción, de manera que se puede monitorear alguna actividad que se mueve desde la zona de una cámara a la de otra.

– *Grabadora de video digital/grabadoras por espacios de tiempo.*- Cuando la grabación de video es necesaria y se extiende por largos periodos de tiempo, dos dispositivos son usados comúnmente: una grabadora de video digital y una grabadora por espacios de tiempo. Una grabadora de video digital usa un disco duro de computadora para capturar video en un formato digital, el cual permite que estas sean visualizadas vía Internet o sobre una red LAN, WAN o líneas de teléfono. Una grabadora por espacios de tiempo usa una cinta estándar con alta densidad de partículas magnéticas.



Figura 4.4.- Sistema de CCTV.

**4.B.5.- SISTEMA INTEGRADO**

Un sistema integrado conjunta muchos sistemas en uno sólo, incluyendo a los anteriores, de manera que, se tiene una central de control donde se administran todos los sistemas. Los sistemas integrados mejoran el nivel de funcionalidad, la relación costo-beneficio y la seguridad.

Los sistemas integrados usan programas para controlar múltiples sistemas en la medida que proveen al usuario una única interfaz, una sola base de datos y un simple acceso a la red de trabajo. Mediante la integración de todos los sistemas, los usuarios podrán administrar todo remotamente, sin necesidad de tener una central para cada sistema, mejorando con esto el nivel de seguridad y el ambiente de trabajo, ya que el sistema integrado es más fácil de administrar y monitorear (Figura 4.5).

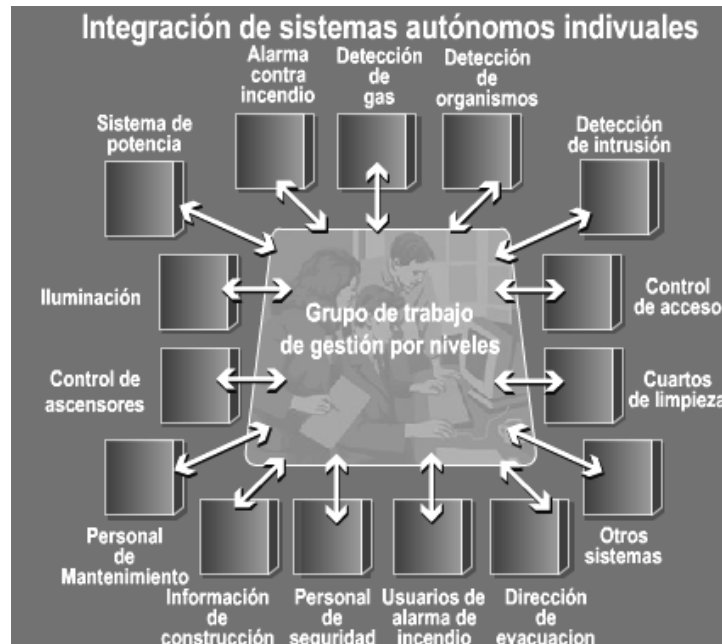


Figura 4.5.- Sistema integrado.

## 4.C.- LOS TRANSDUCTORES EN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

Los transductores que se utilizan en los sistemas de seguridad deben contar con ciertas características de acuerdo al tipo de evento que van a captar, el ambiente en el cual van a operar, el nivel de eficiencia que se espera obtener, etc. Es por esto que, la elección del sensor al momento de planear la instalación de un sistema de seguridad juega un papel crucial y es importante conocer las características que tienen los diferentes tipos de sensores empleados en los distintos sistemas de seguridad, para elegir el que cumpla con las necesidades del usuario.

### 4.C.1.- TRANSDUCTORES EN LOS SISTEMAS CONTRA INCENDIO

Cuando se cuenta con un sistema contra incendio, se pueden emplear distintos tipos de sensores de acuerdo a las necesidades del usuario, pero lo que se espera de todos ellos es que realmente sean capaces de captar un incendio y dar aviso de ello inmediatamente.

#### 4.C.1.a.- SENSORES DE TEMPERATURA

Este tipo de sensores funcionan a base de un termistor, encargado de detectar el incremento de temperatura en el sitio donde es colocado. Cuando la temperatura excede un valor prefijado, el sensor se activa y envía una señal al panel de control para que este realice la operación adecuada (Figura 4.6).



*Figura 4.6.- Sensor de temperatura.*

Los sensores de temperatura ofrecen gran confiabilidad en todos los tipos de ambientes, desde casas y pequeños negocios hasta grandes edificios.

#### 4.C.1.b.- SENSORES DE HUMO

Estos dispositivos son capaces de detectar humo, utilizando diversos métodos de detección tales como: fotoelectricidad, ionización, dispersión de luz y barreras infrarrojas. Cuando se emplea como transductor un elemento fotoeléctrico, con la ayuda de una cámara plástica especial, éste reacciona con la emisión del humo que se desprende cuando un incendio está ocurriendo (Figura 4.7). Son de gran confiabilidad en todo tipo de ambientes e ideales para casas, pequeños negocios, grandes edificios y aires acondicionados.



*Figura 4.7.- Sensor de humo fotoeléctrico.*

El sensor de humo por ionización detecta variaciones en la corriente de iones debida a la presencia de éste. Los incendios producen iones, pero es muy complicado que las partículas permanezcan ionizadas hasta donde se encuentra el sensor. Por lo que el aire se ioniza dentro del detector en un elemento llamado: "cámara de ionización" (Figura 4.8). Cuando el humo entra en la cámara, la interacción entre los iones y las partículas del humo disminuyen significativamente la corriente eléctrica, este cambio en la corriente es lo que provoca la señal de alarma. La principal característica de estos sensores es su inmunidad a las falsas alarmas, como podría ser el humo producido por un cigarro.



*Figura 4.8.- Sensor de humo por ionización.*



En el método de dispersión de luz, un LED transmite luz a la cámara de medición, donde es absorbida por la estructura de la cámara (Figura 4.9). En caso de incendio, el humo penetra en la cámara de medición y las partículas de humo reflejan la luz del LED, la cantidad de luz que llega al fotodiodo se convierte en una señal eléctrica proporcional. Estos dispositivos cuentan con gran inmunidad a interferencias electromagnéticas, así como a las fluctuaciones de temperatura, y son recomendados para áreas potencialmente explosivas.



Figura 4.9.- Sensor de humo por dispersión de luz.

Las barreras infrarrojas consisten en un transmisor que proyecta un haz de luz infrarroja a un receptor, que se encuentra separado a cierta distancia (Figura 4.10). Si el haz es oscurecido más allá del nivel seleccionado, el receptor genera una señal de alarma, y si es bloqueado completamente, entonces genera una señal de falla. No se requieren soportes móviles para su instalación ya que se puede ajustar la dirección desde el dispositivo, así como el alcance del mismo. Se recomiendan en ambientes donde hay demasiado polvo como pudieran ser almacenes y fábricas, o lugares donde es difícil montar un sensor al techo.

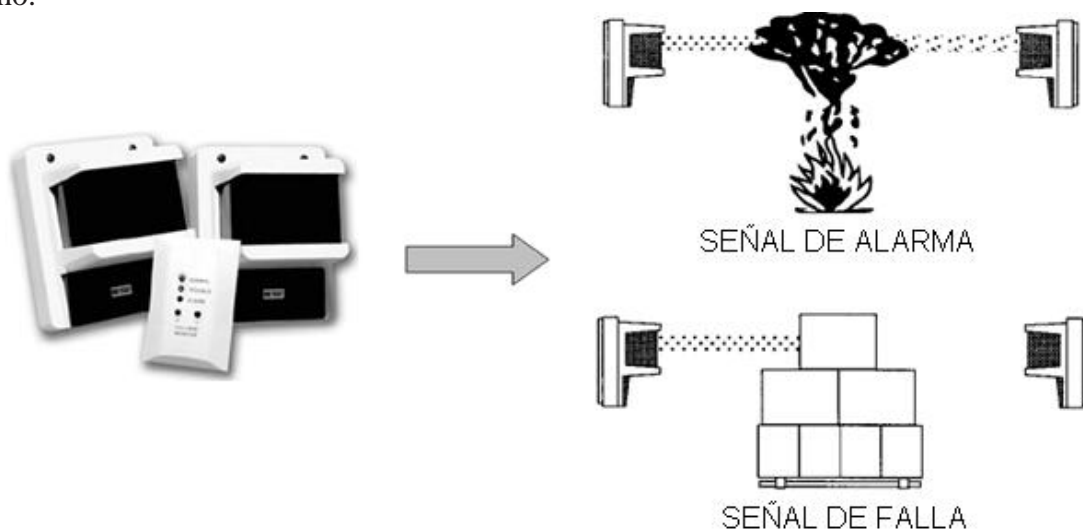
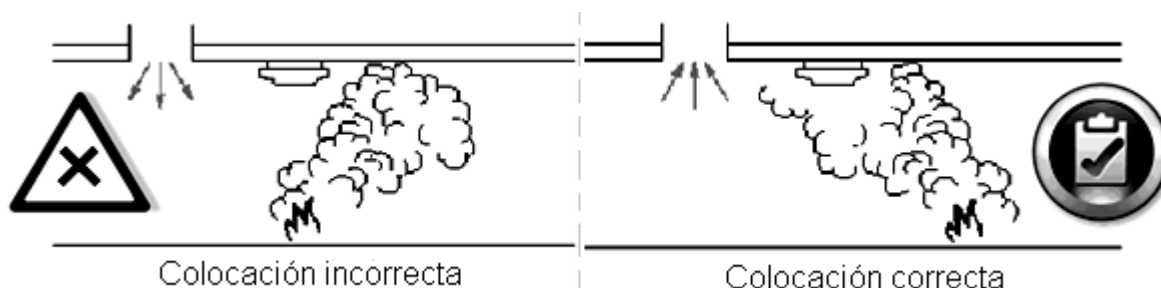


Figura 4.10.- Barrera infrarroja para detección de humo.



**NOTA:** Una consideración importante para los sensores de humo es la correcta colocación de éstos, es decir, deben cubrir adecuadamente la zona que se va a proteger analizando la dirección que seguiría el humo en caso de un incendio (Figura 4.11).



*Figura 4.11.- Colocación correcta de un sensor de humo.*

#### 4.C.1.c.- SENSORES DE LLAMA

Para la detección de llamas, generalmente se utilizan dos tipos de sensor: sensor de llama por radiación ultravioleta y sensor de llama por radiación infrarroja. El primero utiliza un tubo que capta radiación ultravioleta de muy baja intensidad, como la emitida por una llama, cuando esto ocurre se produce la señal de alarma, además, dispone de un circuito para prevenir falsas alarmas, como la radiación emitida por rayos o bengalas (Figura 4.12).



*Figura 4.12.- Sensor de llama por radiación ultravioleta.*

Estos sensores no sustituyen a los de humo o calor, sino que ofrecen una protección adicional, debido a que la distancia entre el fuego y el sensor es un factor determinante para que éste sea activado. Se emplea en lugares donde las llamas puedan desarrollarse rápidamente, como pueden ser en: almacenes de combustible, almacenes de material fotográfico, salas de computación, museos, etc.

El segundo emplea dos transductores piroeléctricos y un fotodiodo, se emplean para detectar llamas en salas o a la intemperie (Figura 4.13). Pueden detectar fuego sin humo, causados por líquidos y gases, así como fuego de materiales que contienen carbono y que emiten gran cantidad de humo. Sin embargo, no detectan incendios de materiales

inorgánicos como: azufre, fósforo, magnesio, sodio, hidrógeno, etc. Algunas áreas de aplicación son: almacenes industriales, instalaciones químicas, refinerías de petróleo, plantas de energía, plantas de impresión, túneles subterráneos, entre otros.



*Figura 4.13.- Sensor de llama por radiación infrarroja.*

#### **4.C.1.d.- SENSORES DE MONÓXIDO DE CARBONO**

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro producto de una combustión incompleta. Se mezcla libremente con el aire y es absorbido por los pulmones a una velocidad 200 veces mayor que la velocidad de absorción del oxígeno. Pequeñas concentraciones de CO pueden producir serios problemas de salud de una persona. Los sensores de monóxido de carbono captan la concentración de CO en el aire a niveles iguales o inferiores a los establecidos con la aparición de los síntomas relacionados a la exposición al CO (Figura 4.14).



*Figura 4.14.- Sensor de monóxido de carbono.*

La instalación del dispositivo debe hacerse en sitios adyacentes a áreas en dónde puede esperarse una concentración de CO, como pueden ser cocheras u hornos; cabe aclarar que estos sensores no están diseñados para detectar humo, fuego, calor u otros gases.

#### 4.C.1.e.- SENSORES ESPECIALES

Son detectores de incendio inteligentes, debido a que combinan las tecnologías de sensores ópticos, térmicos y químicos, realizando una evaluación del sistema por medio de microprocesadores. Cuentan con alta capacidad para evitar falsas alarmas, por lo tanto, tienen mayor precisión en la detección y tienen gran velocidad de respuesta. El sensor óptico funciona de acuerdo al método de dispersión de luz. El sensor de temperatura opera por medio de termistores. Y por último, el sensor químico es capaz de detectar diversos gases tales como: monóxido de carbono, hidrógeno y nitrógeno; este sensor químico o de gas se emplea para obtener información adicional y reprimir eficientemente valores erróneos. Estos sensores pueden ser diseñados para todo tipo de áreas, incluso para áreas radioactivas como plantas nucleares.



*Figura 4.15.- Sensor de incendio inteligente*

#### 4.C.1.f.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES

Los parámetros más comunes especificados por los fabricantes para los sensores contra incendio son:

- Dimensiones
- Temperatura de operación
- Humedad relativa
- Tasa de incremento en la temperatura
- Voltaje de operación
- Ondulación máxima en valor eficaz

- Corriente de encendido
- Corriente de operación
- Corriente de alarma
- Sensibilidad
- Tiempo de respuesta
- Cobertura
- Distancia entre sensores
- Índice de protección en carcasa
- Interferencia de radiofrecuencia (Excepto para sensores de temperatura)
- Ángulo de inclinación (Para sensores de llama)
- Respuesta a radiación ultravioleta (Para sensores por radiación ultravioleta)

#### **4.C.2.- TRANSDUCTORES EN LOS SISTEMAS CONTRA INTRUSIÓN**

Los sensores en un sistema contra intrusión son de vital importancia, ya que son los que dan aviso cuando alguien pretende irrumpir en alguna propiedad sin autorización, de este modo, se puede frustrar un delito; por lo regular, se emplean dos tipos de sensores para este fin, los sensores de movimiento y los sensores para rotura de vidrios.

##### **4.C.2.a.- SENSORES DE MOVIMIENTO**

Un sensor de movimiento es capaz de captar personas a distancia por el simple hecho de estar en movimiento, los más comunes para esta aplicación son los sensores de rayos infrarrojos pasivos (PIR-Passive Infrared Ray), aunque también existen sensores ultrasónicos y sensores combinados, es decir, que involucran más de una tecnología.

Los sensores PIR reaccionan ante determinadas fuentes de energía, como la del cuerpo humano; éstos captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor (Figura 4.16). Utilizan un lente de Fresnel, encargado de distribuir los rayos infrarrojos en diferentes radios o zonas, los cuales tienen diferentes longitudes e inclinaciones, obteniendo una mejor cobertura del área. Cuando se

da un cambio de temperatura en alguna de estas zonas, se detecta la presencia y se produce la señal de alarma. Para evitar falsas alarmas, cuentan con un filtro especial que les da mayor inmunidad a rayos solares, ondas de radio, etc. Este tipo de sensores puede aplicarse en la mayoría de los lugares, siempre y cuando, estén libres de obstrucciones.

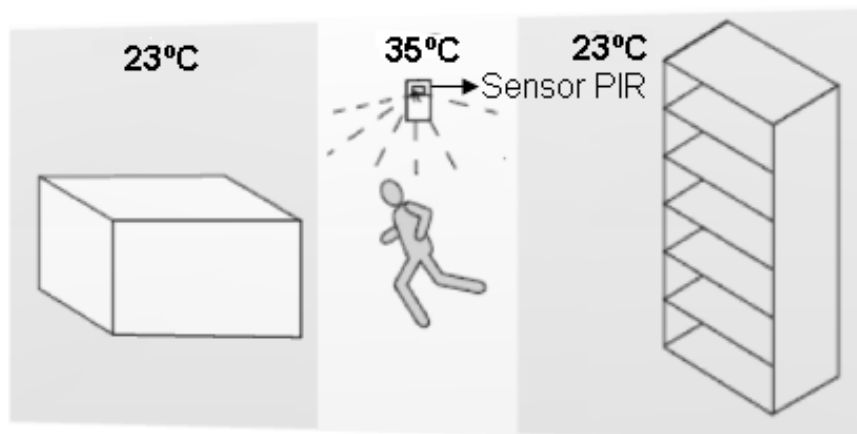


Figura 4.16.- Detección por tecnología PIR.

Las barreras infrarrojas consisten en un transmisor que proyecta un haz de luz infrarroja a un receptor, que se encuentra separado a cierta distancia. Cuando el haz es interrumpido por alguna persona, se genera la señal de alarma (Figura 4.17). Se recomienda para crear una barrera específica entre un lugar y otro, por ejemplo: museos, salas de exhibición, etc.



Figura 4.17.- Barrera infrarroja

Los sensores ultrasónicos contienen un transmisor y uno o varios receptores. Los sensores emiten ondas de sonido ultrasónico hacia el área a controlar, las cuales rebotan y regresan al receptor del detector. Las ondas ultrasónicas son generadas por un oscilador, y están a tan alta frecuencia, que no pueden ser percibidas por una persona. El movimiento de un individuo provoca que las ondas regresen con una frecuencia diferente a la cual fueron emitidas, lo cual es interpretado como detección de presencia y se genera la señal de alarma (Figura 4.18).

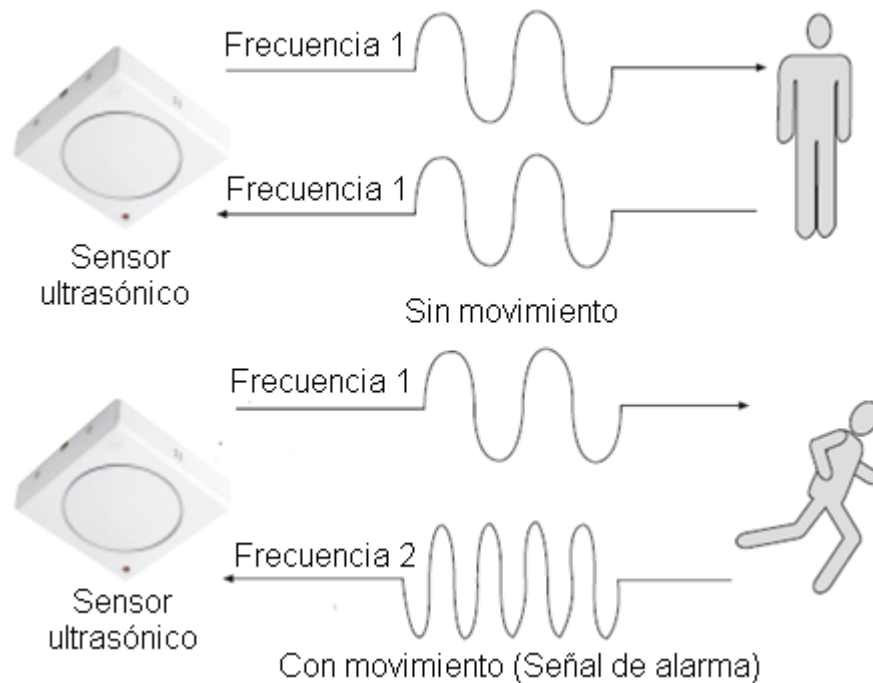


Figura 4.19.- Detección por ultrasonidos.

Es necesario delimitar la zona que abarcará el sensor para evitar falsas alarmas, y tener en cuenta que la cobertura puede reducirse en pisos alfombrados, cuando existen materiales antiacústicos, flujo excesivo de aire (incluyendo aire acondicionado, ventiladores, etc.). No se recomienda para lugares donde hay mascotas.

Los sensores combinados involucran más de una tecnología, ofreciendo mayor confiabilidad evitando falsas alarmas. Se pueden encontrar sensores que trabajan con tecnología PIR combinada con ultrasonidos (Figura 4.20a), y sensores que utilizan tecnología PIR combinada con microondas (para distinguir entre movimientos pequeños y repetitivos, como serían las ramas de un árbol, y el movimiento de una persona), además de involucrar el uso de microprocesadores para llevar a cabo una detección más eficaz, evitando falsas alarmas (Figura 4.20b).



Figura 4.20.- (a) Sensor PIR/ultrasónico. (b) Sensor PIR/microondas.

La señal de alarma se produce cuando se activan los dos campos de protección, y se mantiene activa mientras uno de los dos siga detectando movimiento. Con estos dispositivos se tiene mayor certeza de una posible intrusión y se disminuyen considerablemente las falsas alarmas.

#### 4.C.2.b.- SENSORES DE ROTURA DE VIDRIOS

Los sensores de rotura de vidrios pueden captar la señal característica que produce el quiebre de un vidrio. La rotura de vidrios laminados, vidrios placa, templados y alambrados es igualmente detectable. Los microprocesadores que incorporan estos dispositivos permiten discriminar e ignorar sonidos que pueden causar falsas alarmas. Los detectores de rotura de vidrios deben ser ubicados en cualquier lugar cerca de puertas y ventanas de vidrio o con vidrio, sin embargo, deben utilizarse como complemento adicional para los sensores de movimiento (Figura 4.21).



*Figura 4.21.- Sensores de rotura de vidrio.*

#### 4.C.2.c.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES

Los parámetros más comunes especificados por los fabricantes para los sensores contra intrusión son:

- Dimensiones
- Temperatura de operación
- Humedad relativa
- Voltaje de operación
- Corriente de encendido

- Corriente de operación
- Corriente de alarma
- Sensibilidad
- Tiempo de respuesta
- Patrones de cobertura (Para detectores de movimiento)
- Altura de colocación (Para detectores de movimiento)
- Interferencia de radiofrecuencia
- Frecuencia de operación (Para sensores con tecnología de microondas)
- Índice de protección en carcasa

#### 4.C.3.- TRANSDUCTORES EN LOS SISTEMAS DE CONTROL DE ACCESO

En general, hay tres formas de identificar a una persona en el control de acceso: por lo que sabe (contraseña, código, etc.), por lo que lleva (tarjeta, identificación) y por quién es (huella digital, voz, etc.). En estas formas se basan los dispositivos utilizados para estos sistemas, entre los más comunes encontramos: lectores de proximidad, lectores de banda magnética, lectores de código de barras y sensores biométricos.

##### 4.C.3.a.- LECTORES DE PROXIMIDAD

Son lectores que no necesitan entrar en contacto con el elemento codificado (tarjeta), funcionan por medio de la identificación por radiofrecuencia (RFID-Radio Frequency Identification), que sirve para el almacenamiento y recuperación de datos de forma remota de etiquetas codificadas (Figura 4.22a), de manera que, cada vez que se presente la tarjeta, el lector la validará y otorgará el acceso en caso de ser una tarjeta autorizada (Figura 4.22b).

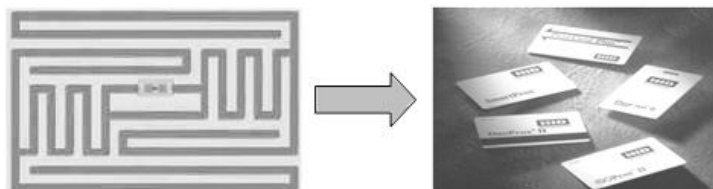


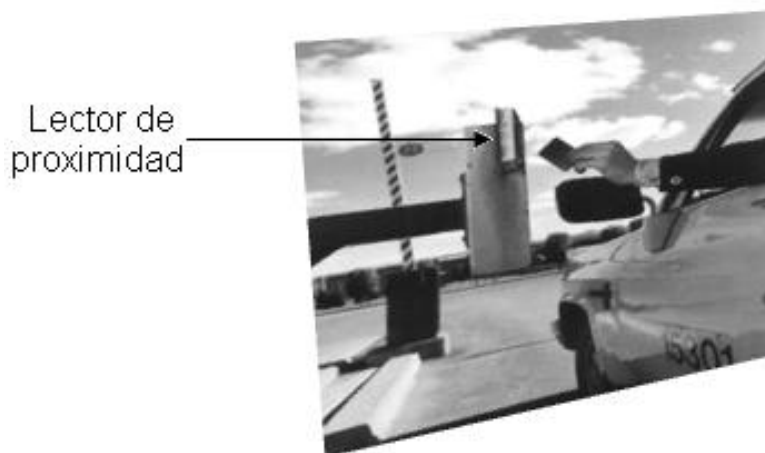
Figura 4.22a.- Etiqueta codificada contenida en tarjetas.





*Figura 4.22b.- Control de acceso por lector de proximidad.*

Estos lectores son poco susceptibles a interferencias y las etiquetas no pueden ser duplicadas. Existen modelos para distintas distancias, e incluso, con teclado para una clave adicional. Además de control de personal, también se pueden aplicar al control vehicular (Figura 4.23).



*Figura 4.23.- Control vehicular por lector de proximidad.*

#### **4.C.3.b.- LECTORES DE BANDA MAGNÉTICA**

Estos lectores (Figura 4.24a) son capaces de extraer información contenida en partículas ferromagnéticas insertadas en una banda de resina (Figura 4.24b), para esto, se necesita el contacto físico entre la tarjeta con banda magnética y el lector, mediante el deslizamiento de la misma y, mediante inducción magnética, el lector obtiene los datos contenidos. Existen dispositivos para que el usuario cree sus propias tarjetas. Sin embargo, el tiempo de vida de las tarjetas es corto.

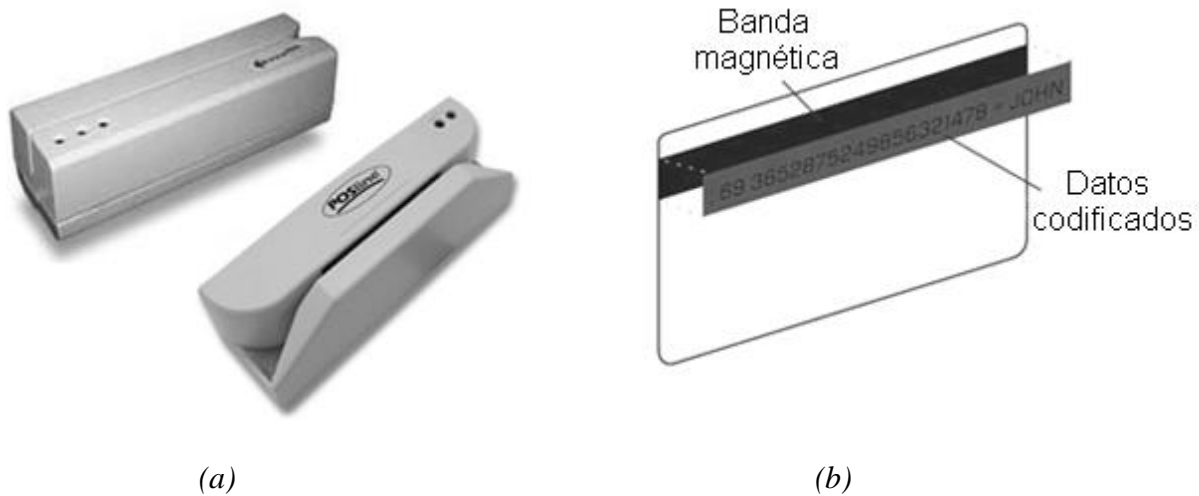


Figura 4.24.- (a) Lectores de banda magnética. (b) Tarjeta con banda magnética.

#### 4.C.3.c.- LECTORES DE CÓDIGO DE BARRAS

Los lectores de códigos de barras extraen la información contenida en ellas por medio de un rayo láser, o rayo infrarrojo en algunos casos, que es emitido de forma directa sobre las barras. Las barras oscuras absorben la fuente de luz, mientras que en los espacios luminosos la luz es reflejada nuevamente hacia el lector, donde un dispositivo se encarga de convertir esta señal en una señal eléctrica y enviarla a un decodificador. Entre más grande sea el código de barras, más serán los datos que contiene. Se pueden encontrar lectores fijos y lectores portátiles (Figura 4.25).



Figura 4.25.- Lectores de código de barras.

Este sistema es de bajo costo. Existen dispositivos para que el usuario cree sus propias tarjetas, por otro lado, las tarjetas tienen vida útil corta y son fáciles de duplicar.

#### 4.C.3.d.- SENSORES BIOMÉTRICOS

Un sistema biométrico es un método de identificación de un ser humano por sus características físicas o por comportamientos precisos de éste, los cuales son utilizados como parámetros llamados indicadores biométricos, y deben cumplir con cuatro características importantes:

- *Universalidad.*- Todas las personas poseen esa característica.
- *Unicidad.*- La existencia de dos individuos con la misma característica es improbable.
- *Permanencia.*- La característica se mantiene igual toda la vida del individuo.
- *Cuantificación.*- La característica puede ser medida de manera cuantitativa.

Se pueden encontrar sistemas biométricos que son capaces de captar las siguientes características (Figura 4.26):

- Reconocimiento del rostro
- Termograma facial
- Huella dactilar
- Geometría de la mano
- Venas de la mano
- Patrón de iris
- Mapa de retina
- Voz
- Firma



Figura 4.26.- Características que se utilizan en los sistemas biométricos.

Entre los más comerciales se encuentran los sensores de huella dactilar, patrón de iris y reconocimiento de voz.

#### 4.C.3.d.1.- SENSORES DE HUELLA DACTILAR

Una huella dactilar está formada por una serie de crestas y surcos localizados en la superficie del dedo, la singularidad de una huella puede ser determinada por dos tipos de patrones: el patrón de crestas y surcos, así como por los detalles de la misma. Hay sensores que contienen un circuito integrado que cuenta con un arreglo de platos capacitivos, la capacitancia en cada plato sensor es medida individualmente depositando una carga fija sobre ese plato. Debido a la geometría del dedo, las líneas de flujo generadas desde el plato sensor se inducen en la porción de piel inmediatamente adyacente a este plato, terminando en platos sensores inactivos o en el sustrato, representando el patrón de la huella.

Otro sensor utilizado crea un pequeño campo de radiofrecuencia entre dos capas conductoras, una oculta dentro de un circuito integrado y la otra localizada por debajo de la piel del dedo. El campo formado entre estas capas reproduce la forma de la capa conductora de la piel en la amplitud del campo. Diminutos sensores insertados por debajo de la superficie del semiconductor, y sobre la capa conductora, miden el contorno del campo y amplificadores conectados a cada plato sensor lo convierten en voltajes proporcionales, representando el patrón de la huella.

En las presentaciones comerciales, además del detector de huella, se pueden incluir elementos adicionales, por ejemplo: un teclado para código manual (Figura 4.27).



*Figura 4.27.- Lector de huella dactilar combinado con teclado para clave manual.*

#### **4.C.3.d.2.- SENSORES DE PATRÓN DE IRIS**

El iris es un órgano interno del ojo que, al igual que las huellas dactilares, posee una estructura morfológica aleatoria, cuenta con la facilidad de registrar su imagen a cierta distancia y es estable durante el periodo de vida de la persona. Los sensores más comunes para el patrón de iris son cámaras que emplean dispositivos de acoplamiento de carga (CCD) para obtener dicho patrón (Figura 4.28).



*Figura 4.28.- Sensor de patrón de iris.*

#### **4.C.3.d.3.- SENSORES DE RECONOCIMIENTO DE VOZ**

En un sistema para el reconocimiento de voz, se analizan patrones de habla del interlocutor, los cuales deben ser digitalizados y guardados en una base de datos. Algunos sistemas utilizan los micrófonos ópticos unidireccionales, donde un diodo emite luz sobre una membrana reflectora a través de fibra óptica, cuando las ondas de sonido golpean a la membrana ocasionan su vibración, cambiando las características de la luz reflejada. Un sensor fotoeléctrico registra la luz reflejada que, en conjunto con un microprocesador, obtiene una representación precisa de las ondas de sonido (Figura 4.29).

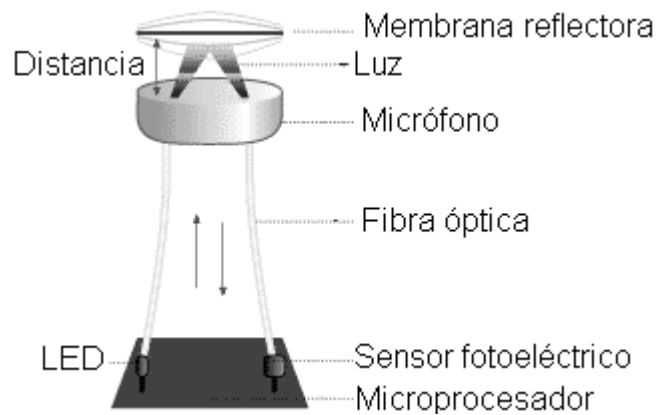


Figura 4.29.- Construcción de un micrófono óptico para reconocimiento de voz.

#### 4.C.3.e.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES

Algunos de los elementos que se deben de tener en cuenta en la elección del equipo a utilizar en el sistema de control de acceso son:

- Número de usuarios
- Número de niveles de acceso
- Número y tipo de horarios
- Tecnología de identificación
- Número de accesos a controlar
- Configuración de cada acceso
- Control de uno o varios sitios
- Credencialización
- Identificación de usuarios en tiempo real
- Dimensiones
- Características eléctricas
- Temperatura de operación
- Humedad relativa
- Tecnología

- Sensibilidad
- Tiempo de verificación
- Rango de lectura (Para lectores de proximidad y de código de barras)
- Patrón de lectura (Para lectores de proximidad y de código de barras)
- Rotación (Para lectores de código de barras)

#### 4.C.4.- TRANSDUCTORES EN CCTV

Los CCTV son los “ojos” del sistema de seguridad, ya que a través de las cámaras de video se lleva a cabo el monitoreo de todas las zonas de interés dentro o fuera de una propiedad, por lo tanto, la cámara utilizada en el sistema desempeña un rol muy importante dentro de él. Dependiendo del tipo de cámara, se podrá visualizar mejor una imagen, se tendrá vista nocturna, seguirá el movimiento de una persona, etc. El elemento que tienen en común todas las cámaras digitales para la obtención de imágenes es el dispositivo de acoplamiento de carga (CCD) que, sin duda alguna, es el dispositivo que ha revolucionado la forma de conseguir imágenes desde una cámara, ya sea de video o fotográfica.

##### 4.C.4.a.- CÁMARAS PARA CCTV

Existen diversos tipos de cámaras que se emplean en los CCTV, las cuales pueden ser fijas o móviles. Las cámaras fijas siempre obtendrán imágenes de la zona en la que fueron direccionadas, por otro lado, las cámaras móviles tienen la opción de ser direccionadas de forma remota para observar diferentes zonas y desde diversos ángulos. La calidad de la imagen de la cámara está dada por el CCD que utiliza.

##### 4.C.4.a.1.- CÁMARAS MONOCROMÁTICAS

Son cámaras que entregan la señal de video en blanco y negro, su gran sensibilidad y resolución ofrecen un óptimo rendimiento en la mayoría de los entornos, pueden incluir un elemento especial que detecta automáticamente el tipo de lente instalado (Figura 4.30).



*Figura 4.30.- Cámara monocromática.*

#### 4.C.4.a.2.- CÁMARAS A COLOR

Las cámaras a color ofrecen una imagen nítida a color de la señal captada, aun en condiciones de poca iluminación. Mediante procesadores que mejoran la calidad de la imagen (Figura 4.31).



*Figura 4.31.- Cámara a color.*

#### 4.C.4.a.3.- CÁMARAS PARA DÍA Y NOCHE

Son cámaras a color que incorporan un sistema monocromático para visión nocturna por medio de radiación infrarroja, mediante un filtro de infrarrojos, la cámara es capaz de alternar entre el modo normal y el modo nocturno de acuerdo a la cantidad de luz existente en ese momento (Figura 4.32).



*Figura 4.33.- Cámara para día y noche.*

#### 4.C.4.a.4.- CÁMARAS TIPO DOMO

Son cámaras que tienen giro de 360° y ajuste de inclinación de 90°, ideales para monitorear varias zonas, cuentan con una velocidad de giro óptima para cambiar fácilmente de posición, además existe la opción de programarlas para que se posicione automáticamente por lapsos de tiempo. Algunas integran sensores de movimiento para moverse acorde con el desplazamiento de una persona (Figura 4.34).





*Figura 4.34.- Cámara tipo domo.*

#### **4.C.4.a.5.- CÁMARAS CON DETECTOR DE MOVIMIENTO**

Estas cámaras incorporan un sensor de movimiento (Figura 4.35), encargado de captar la presencia de una persona. Cuando esto ocurre, se envía una señal de alarma a la central de monitoreo. Hay cámaras más avanzadas, en donde se sigue el desplazamiento de una persona, gracias al sensor de movimiento.



*Figura 4.35.- Cámara con detector de movimiento.*

#### **4.C.4.a.6.- CÁMARAS CON PROTOCOLO DE INTERNET**

Las cámaras con protocolo de internet (IP-Internet Protocol) convierten el video analógico a digital para que pueda ser enviado a través de una red (LAN, WAN, Internet), ofreciendo grandes ventajas. Cada cámara cuenta con una dirección IP y pueden ser monitoreadas y gestionadas desde una central remota sin mayor inconveniente (Figura 4.36).



*Figura 4.36.- Cámara IP.*

El video IP también permite implementar de forma sencilla distintas funciones en las cámaras, desde la detección de movimiento, hasta el Análisis Inteligente de Video (IVA-Intelligent Video Analysis), que compara el video en tiempo real con parámetros programados para detectar actividades sospechosas.

#### **4.C.4.b.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES**

Entre los parámetros más usuales que especifican los fabricantes para las cámaras de CCTV, se encuentran los siguientes:

- Dimensiones
- Características eléctricas
- Temperatura de operación
- Humedad relativa
- Montaje
- Sensor de imagen
- Tipo de cámara
- Tecnología
- Formato de video
- Tipo de escaneo
- Lente
- Campo de visión
- Salida de video
- Control de ganancia
- Corrección de apertura

- 
- Resolución horizontal
  - Sensibilidad
  - Relación señal a ruido
  - Ángulo de inclinación
  - Rango de giro (Para cámaras que cuenten con esta función)
  - Cobertura del sensor de movimiento (Para cámaras que lo integran)
  - Compresión (Para cámaras IP)
  - Software (Para cámaras IP)
  - Protocolos (Para cámaras IP)
  - Índice de protección en carcasa
-

#### 4.D.- CASO PRÁCTICO

El siguiente ejemplo muestra de manera simplificada, la forma en que se lleva a cabo la selección de sensores en un sistema de seguridad.

Se desea implementar un sistema de seguridad para el siguiente departamento (Figura 4.37):

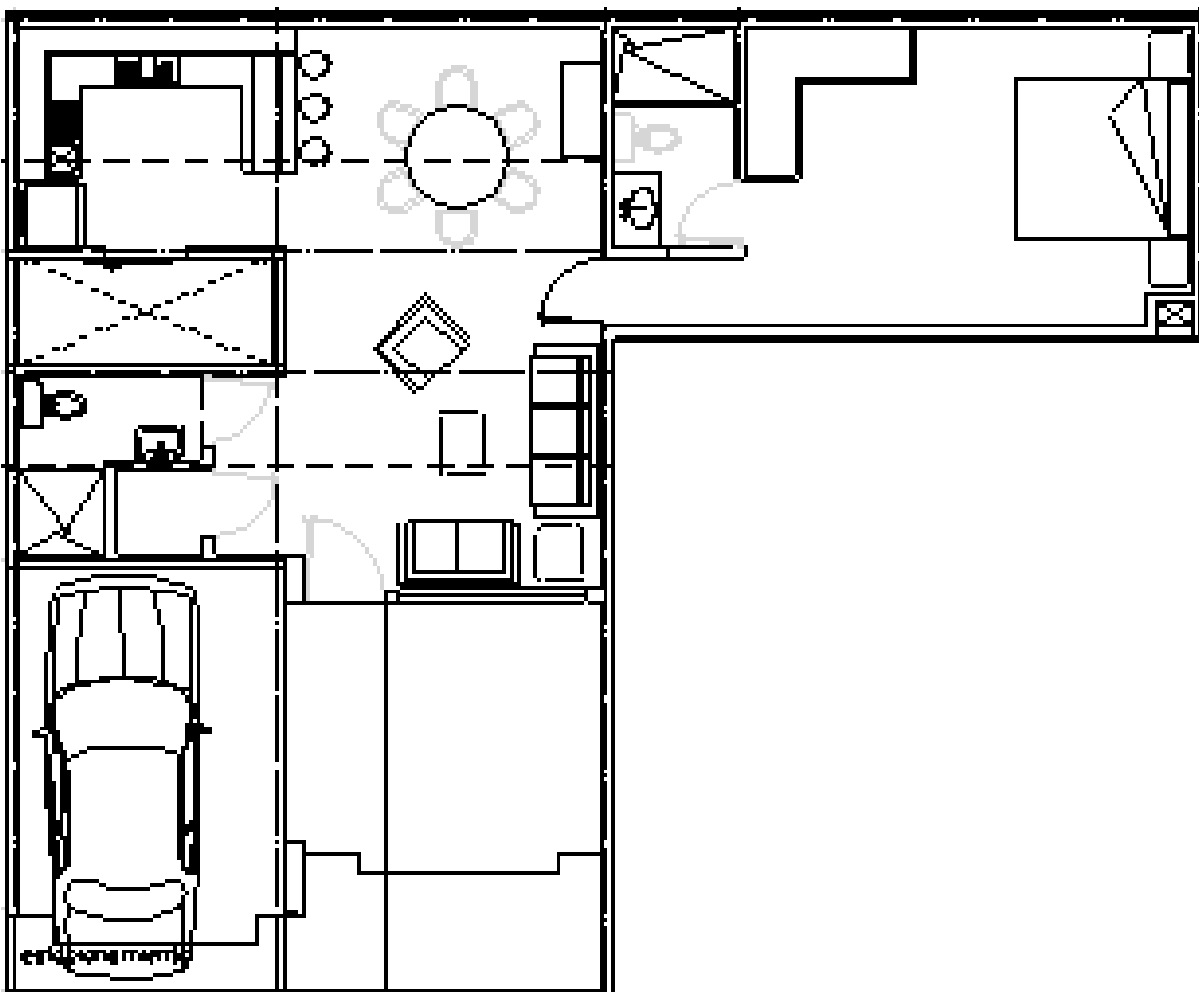


Figura 4.37.- Departamento que será analizado.

#### 4.D.1.- EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES DE SEGURIDAD

\* Se establece el nivel de seguridad requerido:

- *Bajo.*- Sistema sin gestión
- *Medio.*- Sistemas con gestión sin comunicación con centrales remotas.
- *Alto.*- Sistemas con gestión local y remota, interconexión con central policiaca y/o servicios de emergencia.

Se empleará un nivel de seguridad medio.

Se establecen las zonas que serán protegidas de acuerdo a las características de inmueble (número de accesos, zonas propensas a incendio, etc).

\* Zonas que serán protegidas: Cuatro

\* Sistemas que serán utilizados: contra incendio, contra intrusión, CCTV.

\* Dispositivos que serán instalados: 1 panel de control, 1 sensor de humo, 1 sensor de movimiento, 2 cámaras de CCTV, 1 sirena.

\* Ubicación de los sensores: cocina (sensor de humo), sala (sensor de movimiento), cochera (cámara IP), patio o jardín (cámara IP).

#### **4.D.2.- CONDICIONES AMBIENTALES Y REFERENTES AL INMUEBLE**

\* Temperaturas durante el año: 2°C - 35°C.

\* Humedad relativa: 25% - 80%.

\* Sin aire acondicionado.

\* Con mascotas.

\* Alimentación eléctrica: 127 VCA.

#### **4.D.3.- DISPOSITIVOS A INSTALARSE**

\* Analizar opciones que ofrecen los fabricantes en base a los dos primeros puntos.

\* Selección de los sensores

→ Características del sensor de humo

Tipo de sensor: Fotoeléctrico.

Voltaje de operación: 12 VCD o 24 VCD.

Tiempo de respuesta: 22 segundos.

Temperatura: 0°C a +38°C.

Humedad relativa: 0% a 95%.

Permite una detección uniforme de humo en 360° y minimiza luz externa incidente.

Cuenta con sistema de compensación por efectos del polvo, si se contamina más allá de su nivel de compensación, el sensor lo indicará a través de un LED que parpadea cada cuatro segundos para indicar el problema.

Si cambia la calibración, el LED encenderá una vez cada cuatro segundos, indicando problema.

Cuenta con una válvula donde se le puede insertar la boquilla de una lata de aire comprimido, para que se le aplique por uno o dos segundos y se realice la limpieza del sensor.

→ Características del sensor de movimiento.

Tipo de sensor: Doble tecnología (Rayos infrarrojos pasivos-PIR y microondas)

Voltaje de operación: 6 VCD a 15 VCD.

Temperatura: -49°C a +49°C.

Cobertura: 11m x 11m con 120° (Figura 4.38).

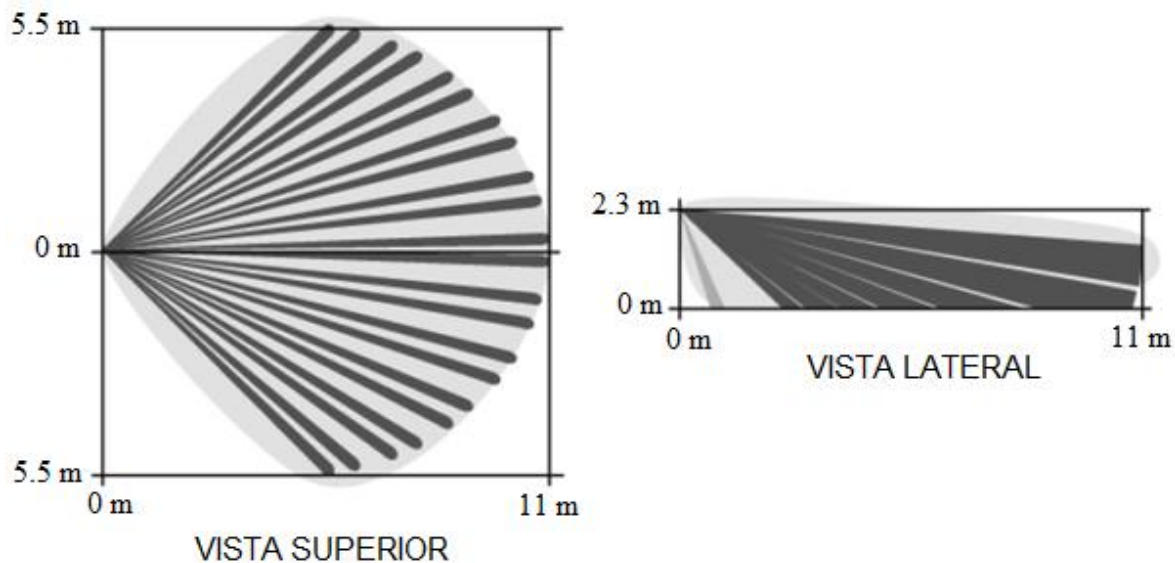


Figura 4.38.- Patrón de cobertura.

Proporciona una condición de alarma cuando se activan ambos campos de protección simultáneamente. El rango del microondas viene configurado de fábrica, pero se puede regular si se desea.

El ajuste de sensibilidad está basado en la amplitud, polaridad, pendiente y frecuencia de la señal de blancos humanos, por lo que no es necesario seleccionar un nivel de sensibilidad en cada aplicación.

El uso de microondas ayuda a reducir considerablemente falsas alarmas. Además, es posible que el sensor trabaje únicamente con tecnología PIR, en caso de que el detector de microondas falle.

Es capaz de distinguir entre las señales causadas por humanos y las señales causadas por mascotas de hasta 45 kg.

\* Selección de las cámaras

→ Características de las cámaras.

Tipo de cámara: Cámara a color con protocolo de internet (IP), es fija y cuenta con un dispositivo de acoplamiento de carga (CCD-Charge Coupled Device) de 1/3 pulgada.

Voltaje de operación: 11 VCD a 36 VCD.

Temperatura: -10°C a +50°C.

Humedad relativa: 20% a 80%

Estándares de video: MPEG-4 y MPEG.

Resolución: De acuerdo al tipo de compresión hasta 704 x 576 píxeles para video y de 768 x 494 píxeles para imagen.

Salida de video: 1 analógica con conector BNC de 75 Ω.

Puerto Ethernet para conexión a red por medio de conector RJ-45.

Velocidad de datos de video: Constante y variable de 9.6 Kbps - 6 Mbps (Depende de la conexión a internet).

Actualización de software vía internet.

Proporciona video MPEG-4 con calidad similar a la de un DVD, este estándar minimiza los requisitos de almacenamiento y ancho de banda.

Puede generar dos flujos de video MPEG-4 y uno de imágenes JPEG simultáneamente, las señales se envían a través de una red con IP, se pueden recibir y mostrar en el navegador web de una computadora por medio del software instalado.

La salida analógica permite un monitoreo directo sobre un monitor analógico, o bien la grabación de video por medio de un grabador de video digital.

Detecta automáticamente el tipo de lente y ayuda a enfocar la lente en su abertura máxima para garantizar que se mantiene el enfoque adecuado.

El modo nocturno se activa de forma automática en condiciones de poca luz, ofreciendo una imagen monocromática (blanco y negro).

\* Elementos adicionales

→ Panel de control.

Voltaje de operación: 10.2 VCD a 15 VCD.

Relevador de alarma: 28 VCD o 120 VCA.

Temperatura: -20°C a +50°C.

Tiempo de respuesta de zona: 500 milisegundos.

Cuenta con tres zonas de entrada y tres salidas.

Cuenta con teclado para programación de las zonas.

Soporta tres códigos PIN de usuario de cuatro dígitos cada uno, incluyendo el código maestro.

→ Dos sirenas

Voltaje de operación: 6 VCD a 13.5 VCD.

→ Computadora.

Debe proporcionarse por el usuario.

→ Conexión a internet

Contratada por el usuario.

→ Tres fuentes de alimentación

Externas de 12 VCD para energizar todo el sistema (1 para el panel de control, 1 para el sensor de humo y el sensor de movimiento, y una para las dos cámaras).



#### 4.D.4.- INSTALACIÓN

\* Conexión de los componentes.

Se realiza el cableado de los elementos que serán instalados por conductos existentes en el inmueble destinados para usos múltiples, que fueron diseñados desde la construcción del inmueble.

Se utilizará cable de calibre 18 AWG (1.2 mm), especificado por el fabricante para distancias menores a 100 m. Para la conexión de las cámaras a la PC se utilizará cable UTP.

Se realiza la instalación de los componentes de la siguiente manera: panel de control (recámara), sensor de humo (cocina), sensor de movimiento (comedor), cámara IP (cochera), cámara IP (patio o jardín), Sirenas (sala). La disposición del sistema se muestra en la figura 4.39.

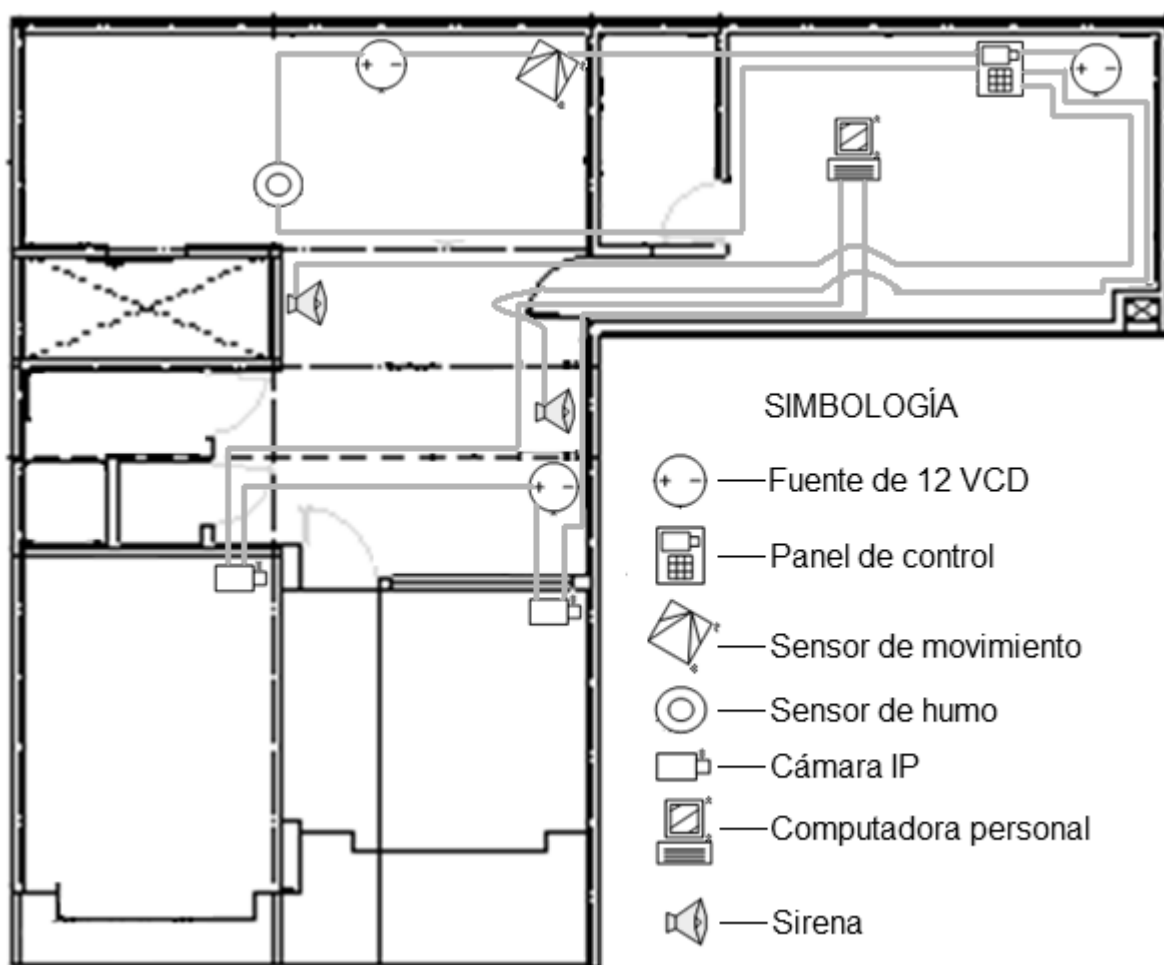


Figura 4.39.- Diagrama de instalación de los dispositivos.

---

\* Pruebas

Se realizan pruebas especificadas por el fabricante para comprobar el funcionamiento correcto de cada dispositivo.

\* Ajuste

Se hacen los ajustes necesarios en cada uno de los dispositivos para que operen correctamente en el inmueble.

\* Programa de mantenimiento preventivo y correctivo.

La recomendación del fabricante especifica de uno a dos mantenimientos preventivos al año, para comprobar que los ajustes realizados en los dispositivos se mantienen iguales. Los mantenimientos preventivos consisten básicamente en una limpieza general de los dispositivos, además de la realización de las pruebas que se llevaron a cabo al momento de su instalación y, si es necesario, se realiza el ajuste correspondiente.

El mantenimiento correctivo se lleva cabo las veces que sean necesarias debidas a problemas técnicos de los productos; cabe aclarar que la mayoría de los fabricantes no maneja refacciones, por lo que en muchas ocasiones se opta por reemplazar el dispositivo dañado por uno nuevo.

---



## ***CONCLUSIONES***



Hemos visto que los transductores son una parte fundamental dentro de un sistema de seguridad, ya que establecen el enlace entre lo que se quiere detectar y el sistema en general. Por esto, se deben tomar en cuenta ciertos criterios al momento de elegir el transductor que será utilizado en el sistema.

Para comenzar, se realiza una evaluación de las necesidades de seguridad que se tienen, estableciendo las zonas que requieren el uso de sensores, cuántos y de qué tipo se necesitan por cada zona. Se tendrá que considerar la función que va realizar cada sensor, el grado de precisión requerido para la protección de la zona, así como, los requerimientos eléctricos del sensor. La colocación y las condiciones ambientales son otro factor importante, debido a que pueden afectar la correcta operación del dispositivo.

Una vez que se tienen los elementos anteriores, se procede a evaluar los distintos sensores que ofrecen los fabricantes o distribuidores y se lleva a cabo la selección del que cumpla con los requerimientos fijados previamente. En lo que respecta al sensor, las consideraciones están encaminadas a la operación de los mismos, es decir, las condiciones más óptimas para su mejor desempeño, entre éstas se encuentran:

- ✓ Las dimensiones del transductor y la forma de instalación.
- ✓ El principio de transducción que utiliza (Tecnología).
- ✓ Requerimientos de alimentación eléctrica.
- ✓ Condiciones ambientales de operación.
- ✓ El grado de sensibilidad.
- ✓ Detecta realmente lo que debe detectar (Exactitud).
- ✓ Susceptibilidad a falsas alarmas (Fiabilidad).
- ✓ Tiempo de respuesta.
- ✓ Ajustes que puede realizar el usuario para mejorar su operación.
- ✓ Elementos o señales externas que pueden ocasionar un mal funcionamiento en el dispositivo.
- ✓ Acciones que podrían dañarlo.
- ✓ Pruebas que se le pueden realizar para comprobar su correcta operación.
- ✓ Compatibilidad con los demás elementos que integran el sistema.

- ✓ Ciclo de vida operativa.

En cuanto al costo del sensor, se analizarán los beneficios que otorga la instalación del dispositivo, qué costos adicionales conlleva la misma, así como la adaptabilidad con la que cuenta para emplearse con otros sistemas en caso de que se requieran modificaciones al sistema inicial.

La instalación de sensores en un sistema de seguridad es una herramienta adicional y efectiva para las personas encargadas de dicha área, pero no se debe depender únicamente de ellos para crear un ambiente seguro.



# ***BIBLIOGRAFÍA***



---

Osterheld , William y Slurzberg , Morris

**FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD - ELECTRÓNICA**

Ed. McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A. DE C.V., 1970.

Mileaf, Harry

**ELECTRICIDAD UNO (Serie 1/7)**

Ed. LIMUSA, 2000.

Bueche, Frederick J.

**FÍSICA GENERAL**

Ed. McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A. DE C.V., 2001.

Boylestad, Robert L. y Nashelsky, Louis

**ELECTRÓNICA: TEORÍA DE CIRCUITOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS**

Ed. PEARSON/PRENTICE HALL, 2003.

Sedra, Adel S. y Smith, Kenneth C.

**DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y AMPLIFICACIÓN DE SEÑALES**

Ed. McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A. DE C.V., 1993.

Stengel, Lester

**EL ABC DE LA ELECTRÓNICA**

ELECTRÓNICA STEREN, S.A. DE C.V., 2006.

Lloris, Antonio. Prieto, Alberto y Prrilla, Luis

**SISTEMAS DIGITALES**

Ed. McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U., 2003.

Mano, M. Morris

**DISEÑO DIGITAL**

Ed. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, S.A., 1987.

GS Comunicaciones

**TELECOMUNICACIONES**

Ed. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 1998.

Pallás, Ramón

**SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL**

Ed. Marcombo, 3ª edición, 2001.

---

---

Norton, Harry N.

**SENSORES Y ANALIZADORES**

Ed. Gustavo Gili. 1984.

Félix, Julián

**ELEMENTOS DE FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS.**

Argentina: El Cid Editor, 2004.

Escalona, Iván

**TRANSDUCTORES Y SENSORES EN LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Argentina: El Cid Editor - Ingeniería, 2007.

**REVISTAS TÉCNICAS:**

Coordinada por: Vallejo, Horacio D.

**ENCICLOPEDIA DE ELECTRÓNICA BÁSICA**

Ed. QUARK. 2003

Coordinada por: Vallejo, Horacio D.

**EL MUNDO DE LA ELECTRÓNICA**

Ed. QUARK

Coordinada por: Vallejo, Horacio D.

**CURSO DE ELECTRÓNICA BÁSICA**

Ed. QUARK

Vallejo, Haracio D.

**ALARMAS Y SISTEMAS DE SEGURIDAD**

Ed. QUARK

Folguersona, Juan José y Vallejo, Horacio D.

**ALARMAS: GUÍA PRÁCTICA DE INSTALACIÓN**

Ed. QUARK

---





# *MESOGRAFÍA*



---

**BIBLIOTECA DE CONSULTA MICROSOFT ENCARTA 2002**

Microsoft Corporation

<http://site.ebrary.com>

Fecha de consulta: 14-10-08

**“QUÉ ES LA ELECTRÓNICA”**

<http://www.monografias.com/trabajos5/electro/electro.shtml>

Fecha de consulta: 14-10-08

**“ELECTRICIDAD”**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Electricidad>

Fecha de consulta: 26-08-08

**“HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD”**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_de\\_la\\_electricidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_electricidad)

Fecha de consulta: 26-08-08

**“HISTORIA DE LA COMPUTADORA PERSONAL”**

<http://www.pchardware.org/historia/index.php>

Fecha de consulta: 19-11-08

**“HISTORIA DE LA COMPUTADORA”**

<http://www.maestrosdelweb.com/editorial/compuhis/>

Fecha de consulta: 19-11-08

**“HISTORIA DE LA COMPUTACIÓN”**

<http://www.monografias.com/trabajos/histocomp/histocomp.shtml>

Fecha de consulta: 11-04-09

**“LAS 5 GENERACIONES DE LA COMPUTADORA”**

<http://forum.agriscap.com/es/?read=1719418>

Fecha de consulta: 11-04-09

**“GENERACIONES DE LA COMPUTADORA”**

<http://www.pucpr.edu/facultad/aquinones/curso275/generaciones.htm>

Fecha de consulta: 11-04-09

---

---

**“GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS”**

[http://mail.umc.edu.ve/umc/opsu/contenidos/generacion\\_computador.htm](http://mail.umc.edu.ve/umc/opsu/contenidos/generacion_computador.htm)

Fecha de consulta: 11-04-09

**“QUINTA GENERACIÓN DE COMPUTADORAS”**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Quinta\\_generaci%C3%B3n\\_de\\_computadoras](http://es.wikipedia.org/wiki/Quinta_generaci%C3%B3n_de_computadoras)

Fecha de consulta: 11-04-09

**“GENERACIONES Y CLASIFICACIONES DE LAS COMPUTADORAS”**

<http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/Informatica/Tema1b.html>

Fecha de consulta: 11-04-09

**“MAINFRAMES INTRODUCTION 2”**

[http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/mainframe/mainframe\\_intro2.html](http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/mainframe/mainframe_intro2.html)

Fecha de consulta: 11-04-09

**“INTEL 8080”**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Intel\\_8080](http://es.wikipedia.org/wiki/Intel_8080)

Fecha de consulta: 11-04-09

**“IBM PC”**

[http://es.wikipedia.org/wiki/IBM\\_PC](http://es.wikipedia.org/wiki/IBM_PC)

Fecha de consulta: 11-04-09

<http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/robot-71206.html>

Fecha de consulta: 11-04-09

**“ROBOT”**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Cybertech>

Fecha de consulta: 11-04-09

<http://www.simbologia-electronica.com/index.htm>

Fecha de consulta: 03-12-08

**“QUÉ ES UN SISTEMA”**

<http://www.daedalus.es/inteligencia-de-negocio/sistemas-complejos/ciencia-de-sistemas/que-es-un-sistema/>

Fecha de consulta: 13-01-09

**“SISTEMAS DE CONTROL”**

---

---

<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>

Fecha de consulta: 26-01-09

**“SISTEMAS DE LAZO ABIERTO/CERRADO”**

[http://usuarios.lycos.es/automatica/temas/tema2/pags/la\\_1c/1c.htm](http://usuarios.lycos.es/automatica/temas/tema2/pags/la_1c/1c.htm)

Fecha de consulta: 26-01-09

**“EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES”**

<http://satori.geociencias.unam.mx/LGM/Unidades-CENAM.pdf>

Fecha de consulta: 02-02-09

**“SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES”**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_Internacional\\_de\\_Unidades](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Internacional_de_Unidades)

Fecha de consulta: 02-02-09

**“SENSORES Y TRANSDUCTORES”**

[http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/index.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/index.htm)

Fecha de consulta: 02-02-09

**“OPTOELECTRÓNICA”**

<http://www.wikiciencia.org/electronica/semi/optoelectronica/index.php>

Fecha de consulta: 02-02-09

**“RESISTANCE TEMPERATURE DETECTORS (RTDS)”**

<http://www.temperatures.com/rtds.html>

Fecha de consulta: 12-04-09

**“TOUR COMERCIAL DE SIA”**

<http://www.alas-la.org/tour/tour.html>

Fecha de consulta: 12-04-09

**“TRANSDUCTORES”**

[http://www.gii.upv.es/personal/gbenet/dispositivos\\_ctrl/tema\\_transductores/INTRODUCCI  
ON%20A%20LOS%20TRANSDUCTORES.pdf](http://www.gii.upv.es/personal/gbenet/dispositivos_ctrl/tema_transductores/INTRODUCCI%20ON%20A%20LOS%20TRANSDUCTORES.pdf)

Fecha de consulta: 12-04-09

<http://www.telecable.es/personales/albatros1/asin/sensores.htm#i06>

Fecha de consulta: 12-04-09

---

---

**“MEDIDAS E INSTRUMENTACIÓN”**

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040003/index.html>

Fecha de consulta: 06-05-09

**“SENSORES INTELIGENTES Y REDES DE SENSORES”**

<http://www.ieev.uma.es/siselmed/Transparencias07/smartsensor.pdf>

Fecha de consulta: 07-05-09

<http://www.boschsecurity.com.mx>

Fecha de consulta: 12-09-09

**“TIPOS DE SISTEMAS CONTRA INCENDIO”**

<http://www.la-fortaleza.com/incendio.htm>

Fecha de consulta: 12-09-09

**“EL DETECTOR DE HUMO (POR IONIZACIÓN)”**

<http://www.profisica.cl/comofuncionan/como.php?id=11>

Fecha de consulta: 16-09-09

<http://www.boschsecurity.es>

Fecha de consulta: 16-09-09

<http://www.bticino.com.mx>

Fecha de consulta: 19-09-09

[www.syscom.com.mx](http://www.syscom.com.mx)

Fecha de consulta: 19-09-09

<http://www.sisonline.com/canal/canal.asp?canal=int>

Fecha de consulta: 19-09-09

**“SENSORES BIOMÉTRICOS”**

[http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No6/Olguin%20Patricio/SEN\\_BIOMETRICOS.html](http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No6/Olguin%20Patricio/SEN_BIOMETRICOS.html)

Fecha de consulta: 19-09-09

**“ESCÁNER DE CÓDIGO DE BARRAS”**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Esc%C3%A1ner\\_de\\_c%C3%B3digo\\_de\\_barras](http://es.wikipedia.org/wiki/Esc%C3%A1ner_de_c%C3%B3digo_de_barras)

Fecha de consulta: 19-09-09

---

---

<http://control-accesos.es/category/lectores/lectores-de-proximidad>

Fecha de consulta: 20-09-09

**“RFID”**

<http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>

Fecha de consulta: 20-09-09

**“LECTOR DE CÓDIGO DE BARRAS PARA FINES GENERALES SYMBOL LS9208”**

[http://www.motorola.com/business/XL-ES/LS9208\\_Loc:XL-ES.do?vnextoid=1f7d0ae87f0db110VgnVCM1000008406b00aRCRD](http://www.motorola.com/business/XL-ES/LS9208_Loc:XL-ES.do?vnextoid=1f7d0ae87f0db110VgnVCM1000008406b00aRCRD)

Fecha de consulta: 21-09-09

**“BIOMETRÍA INFORMÁTICA”**

<http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/biometria/basesteoricas/caracteristicassistema.html>

Fecha de consulta: 21-09-09

**“SISTEMAS BIOMÉTRICOS”**

[http://www2.ing.puc.cl/~iing/ed429/sistemas\\_biometricos.htm](http://www2.ing.puc.cl/~iing/ed429/sistemas_biometricos.htm)

Fecha de consulta: 21-09-09

**“SENSOR ÓPTICO DE IRIS”**

<http://campus.belgrano.ort.edu.ar/tecnologiatercero/articulo/40740/sensor-ptico-de-iris>

Fecha de consulta: 21-09-09

---