

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ELECTROMAGNETISMO

El hombre descubrió que en la naturaleza existen ciertos materiales que tienen la propiedad de atraer al hierro, como la magnetita. Al estudiar estos materiales con más detalle, se aprecia sus propiedades más importantes, que son:

1.- Pueden atraer el hierro y otros metales como cobalto, níquel y sus aleaciones.

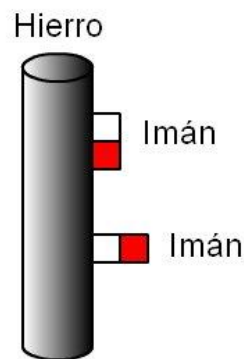


figura 1: Imanes unidos a un núcleo de hierro

2.- En cada uno de sus extremos crean un polo diferente a los que el hombre les llamó polo positivo y polo negativo. El polo positivo es de donde salen unas líneas de fuerza y el polo negativo es a donde llegan esas líneas de fuerza.

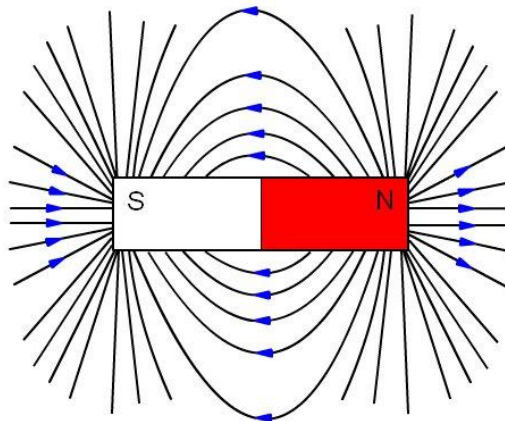


figura 2: Polos y líneas de fuerza de un imán

3.- De estos dos polos que tiene cada imán, se descubrió que cuando enfrentamos dos polos diferentes se atraen.

4.- Y cuando enfrentamos dos polos del mismo tipo es que se repelen.

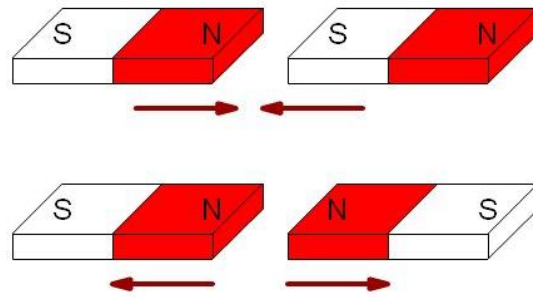


figura 3: Atracción y repulsión de imanes

5.- Cada imán tiene su propio polo norte y su polo sur, los cuales no se pueden separar. Si se fragmenta un imán, cada trozo vuelve a tener sus dos polos. No es posible tener un solo polo en un imán.

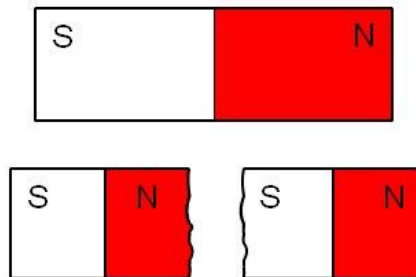


figura 4: Partición de un imán

6.- Su propiedad de atracción es capaz de atravesar objetos como papel, madera, plásticos, entre otros. La capacidad para atravesar algún material que se interponga dependerá de la magnitud del campo magnético.

Este campo magnético que rodea a cada imán no es visible ante el ojo humano, pero se pueden realizar técnicas que permiten apreciarlo. Si colocamos limaduras de hierro cerca del imán, se orientan sobre sus líneas de fuerza.

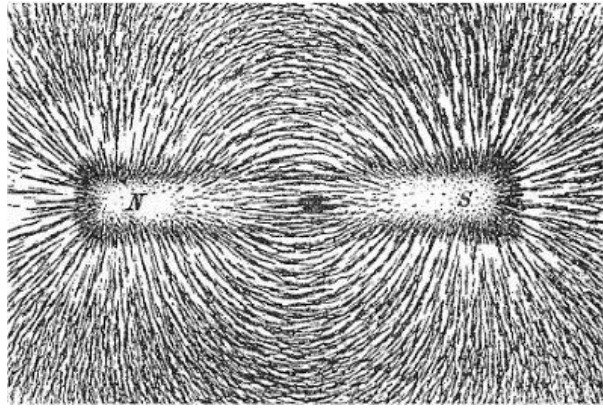


figura 5: Líneas de fuerza de un imán visualizadas con limaduras de hierro

2.1.1 CAMPO MAGNÉTICO EN UN CONDUCTOR

El imán está rodeado por líneas de fuerza debido a su campo magnético, pero no solo el imán se encuentra rodeado por campo magnético. En 1820 el físico Hans Christian Oersted descubrió que al colocar una brújula cerca de un conductor de corriente eléctrica se desviaba, de manera que quedaba en forma perpendicular con el conductor. De este modo se deduce que existe una relación entre los fenómenos magnéticos y eléctricos.

Cuando por un conductor circulan los portadores de carga, se genera alrededor un campo magnético que sigue la regla de la mano derecha. Dicho campo magnético depende de la intensidad de corriente eléctrica y de la longitud del conductor.

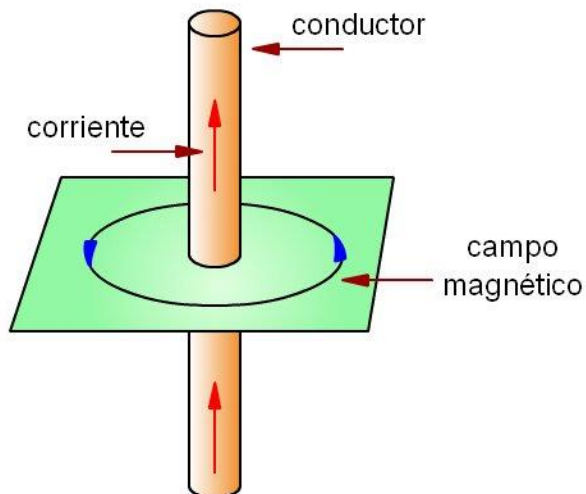


figura 6: Campo magnético generado por el paso de corriente

Si se cierra este conductor para que forme espiras, el campo magnético resultante es la suma de cada uno de los campos magnéticos generados en todas las espiras y se produce un campo magnético de mayor intensidad.

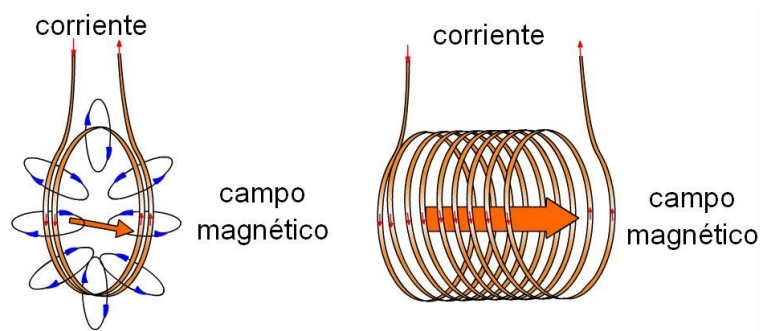


figura 7: Campo magnético generado en una bobina

2.1.2 ELECTROIMAN

Debido a que el campo magnético generado a través de la corriente eléctrica que circula por un conductor puede desaparecer cuando la corriente cesa, se le han encontrado diferentes aplicaciones.

Un electroimán es básicamente una bobina en la cual se introduce un núcleo de hierro dulce o de ferrita. Cuando fluye una corriente eléctrica por la bobina genera en su interior un campo magnético que afecta al núcleo y lo magnetiza en ese instante haciendo que se comporte como un imán, y cuando deja de fluir esa corriente, el campo magnético generado simplemente desaparece. Un electroimán con forma de tubo recto, parecido a un tomillo también es conocido como solenoide. El electroimán fue desarrollado por el inglés, William Sturgeon, en 1823.

La principal ventaja que otorga el electroimán es que a diferencia del imán permanente, se puede manipular el campo magnético llevándolo a su máxima magnitud y de ahí variarlo hacia su mínima magnitud hasta llevar su valor a cero.

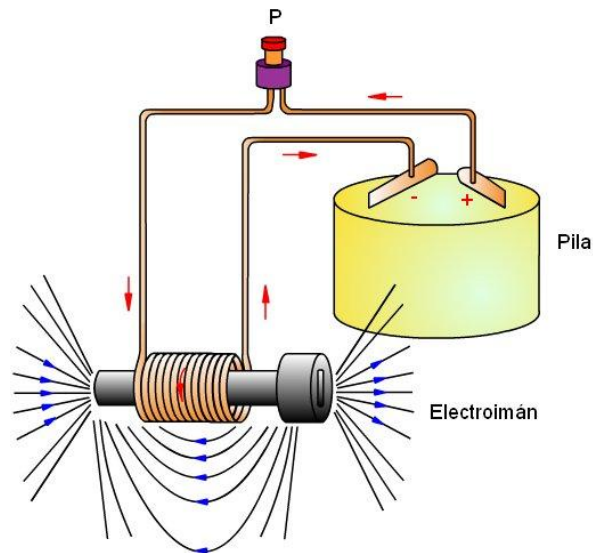


figura 8: Electroimán

Algunas de las aplicaciones del electroimán son:

- Separar latas de hierro, clavos, etc. en las chatarrerías y otro tipo de industrias.
- Manipulación de vehículos en las grúas de deshuesadoras.
- En los zumbadores y timbres.
- Manipulación de planchas metálicas en la industria.
- En frenos electromagnéticos de algunos tranvías.
- En trenes de levitación magnética.

2.2 EFECTO HALL

En el año de 1879 el físico Edwin Herbert Hall descubrió un efecto que consiste en la aparición de un campo eléctrico transversal a un conductor sobre el que circula una corriente eléctrica en presencia de un campo magnético.

Para explicar mejor este fenómeno, se debe recordar la fuerza de Lorentz. Esta fuerza explica que cuando se tiene una carga eléctrica Q que está en movimiento a una velocidad constante v , al desplazarse en el interior de una zona donde existe un campo magnético B , esta carga se ve sometida a la acción de una fuerza F generada por el campo magnético de tal manera que se puede evaluar dicha fuerza por medio de la expresión:

$$\vec{F} = Q\vec{v} \times \vec{B} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

\vec{F} es el vector fuerza

Q es la intensidad de la carga

\vec{v} es el vector velocidad

\vec{B} es el vector campo magnético

Dado que la fuerza resultante es un producto vectorial, será perpendicular a la velocidad y al campo magnético. Dicha fuerza no realiza trabajo sobre la carga, por lo que la variación que se presenta es en la dirección de la velocidad y no en su módulo.

Edwin H. Hall observó al realizar su experimento al circular una corriente eléctrica I en una lamina de material conductor o semiconductor de espesor D y al someterla a un campo magnético B , la aparición de una diferencia de potencial V debido a que los portadores de carga se acumulan en el extremo de la lámina, llamada en su honor "voltaje de Hall"

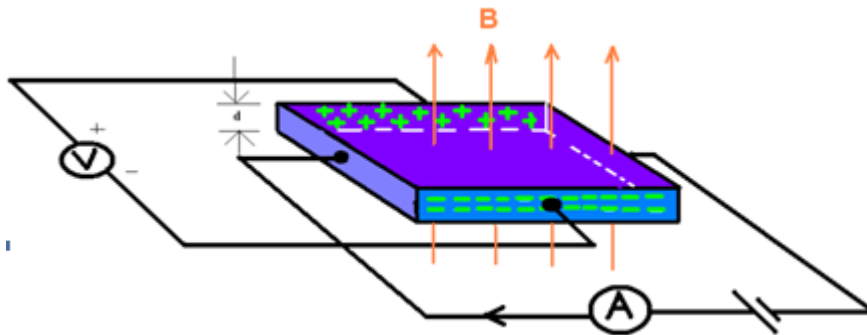


Figura 9: Principio del efecto hall

La forma en que se calcula el voltaje de Hall es de la siguiente manera:

$$U_H = R_H \frac{I}{d} B \quad \text{Ecuacion 2}$$

Donde:

U_H es la magnitud del voltaje de Hall

R_H es el valor de la constante de Hall

I es valor de la intensidad de corriente

d es el espesor de la placa conductora o semiconductora

B es el vector campo magnético

A su vez R_H se puede expresar de la siguiente forma:

$$R_H = \frac{1}{ne} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

n es la densidad de portadores de carga

e representa la carga electrónica

2.3 SENSOR DE EFECTO HALL

Algunos dispositivos que logran llevar a cabo este efecto en su interior se llaman “sensores de efecto Hall” y basan su funcionamiento en el principio del efecto Hall.

Cuando circula corriente eléctrica por un sensor de efecto Hall y se le aproxima de forma vertical un campo magnético, genera un voltaje que se aprecia en su salida respectiva y es proporcional al producto de la corriente eléctrica y la fuerza del campo magnético que interactúan con el sensor.

Los sensores de efecto hall miden variaciones muy pequeñas en la intensidad de campo magnético producidas por movimiento o por alguna variación de la fuente del campo cuando se trata de dispositivos inductivos. Una de las varias ventajas que ofrecen y que en este proyecto se toma mucho en cuenta es que entrega datos muy fiables aun a velocidades de rotación muy altas. Otra ventaja de estos sensores es que son pequeños y su tamaño permite ocultarlos, ser discretos en diferentes sistemas.

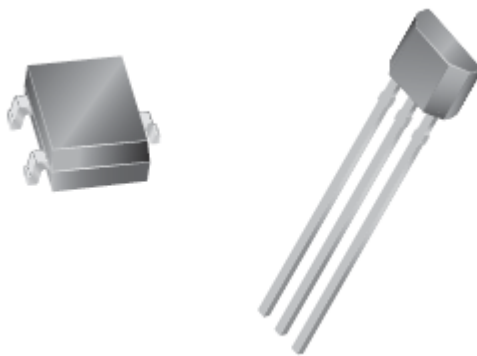


Figura 10: Sensores de efecto hall

Dentro de sus múltiples aplicaciones de los sensores de efecto Hall las principales se desarrollan en las industrias en usos como para saber la posición de algún objeto, el cambio de posición o desplazamiento, para medir tanto campos magnéticos como intensidad de corriente. Por ejemplo en la industria automotriz se utilizan para el sistema de cierre de los seguros de puertas, el cambio de transmisión, en el cierre del cinturón de seguridad entre otros. En otro tipo de industrias se pueden colocar en sistemas de alarmas para detectar cuando se abre o cierra una ventana o una puerta.

En los instrumentos musicales también tenemos su aplicación para evitar el desgaste por el contacto físico. Se han utilizado en el teclado de la computadora también para evitar el desgaste por contacto.

2.4 MICROCONTROLADOR

Un microcontrolador es un dispositivo de tamaño muy reducido capaz de controlar algún sistema. Hoy en día los microcontroladores se encuentran en cualquier lado, ya sea en las casas, en las calles, en las escuelas, en las empresas etc.

En el interior de un microcontrolador se incluyen las tres unidades funcionales de una computadora:

-Unidad central de procesamiento.

-Memoria.

-Periféricos de entrada y salida.

Su diseño está pensado para disminuir su costo y su consumo de energía. El microcontrolador es capaz de manipular un sistema específico, sin embargo, así como cualquier computadora, necesita saber qué hacer y cómo controlar el sistema. Mediante diferentes formas ya sea por lenguaje de ensamblador o programación en C y con ayuda de un programador, se le puede “decir” que es lo que tiene que hacer para diferentes situaciones.

Para entender un poco más lo que es un microcontrolador se verán a continuación algunas características de él y las partes que lo conforman.

Las principales partes de un micro-controlador son:

2.4.1 EL PROCESADOR

Es la unidad donde se recopila la información que obtiene el microprocesador. Su función es realizar las operaciones lógicas y también se encarga del direccionamiento de la memoria y de los demás componentes.

Cada procesador cuenta con un conjunto de instrucciones que definen las operaciones básicas que puede realizar y organizadas forman lo que se conoce como el software. Haciendo una analogía, el conjunto de instrucciones son como las letras del abecedario, nos sirven como base para el lenguaje y acomodándolas, podemos escribir palabras, oraciones e infinidad de textos. Existen tres tipos básicos de conjunto de instrucciones que son CISC, RISC y SISC. Los Computadores de Conjunto de Instrucciones Complejo (en inglés CISC) tienen un conjunto de instrucciones muy amplio con más de 80 instrucciones máquina en su repertorio y permiten realizar operaciones complejas.

Los procesadores de Conjunto de Instrucciones Reducido (RISC) tienen un pequeño conjunto de instrucciones y las instrucciones son muy simples. Debido a su sencillez y rapidez en la ejecución de las instrucciones tenemos una optimización del software del procesador. Y los procesadores de Conjunto de Instrucciones Específicos (SISC) esta clase se utiliza en microcontroladores que tienen un uso específico pues además de que su conjunto de instrucciones es reducido, también es específico y por lo tanto las instrucciones se adaptan a la aplicación destinada.

2.4.2 MEMORIA

2.4.2.1 Memoria volátil

Su función dentro del microcontrolador es almacenar aquellos datos y variables que, durante el transcurso del programa, se modifiquen. Dentro de estas memorias se encuentran las memorias RAM y también, utilizadas por algunos micro-controladores, la RAM estática (SRAM).

2.4.2.2 Memoria no volátil

Es la unidad que se encarga de almacenar el programa con su respectiva forma de ejecución. Existen cinco diferentes tipos de memoria que realizan esta función.

Memoria ROM: Este tipo de memoria es de uso únicamente para ser leído y su contenido es grabado durante la fabricación del chip. El uso de este tipo de memoria es recomendable cuando se hace su producción en serie.

Memoria EPROM: La memoria EPROM es programable por el usuario mediante un programador y una computadora personal y puede ser borrada a través de una ventanilla de cristal ubicada en su superficie someténdola a rayos ultravioleta durante algunos minutos.

Memoria OTP: Este tipo de memoria también es programable de igual forma que la

memoria EPROM con la diferencia de que la memoria OTP solamente se puede programar una vez.

Memoria EEPROM: Esta memoria al igual que la EPROM también es programable, con la diferencia de que su borrado se efectúa eléctricamente, mediante el mismo programador y la computadora personal.

Memoria FLASH: la memoria FLASH es muy similar a una memoria EEPROM ya que se puede programar y borrar su contenido por medio de una computadora personal y un programador. La diferencia radica en que ésta memoria, tiene la característica de consumir menos energía y su capacidad de almacenamiento es mayor.

2.4.3 PERIFÉRICOS DE ENTRADA Y SALIDA

En un microcontrolador se utilizan comúnmente dos pines para la alimentación y dependiendo de sus características los pines restantes se pueden utilizar como puertos de entrada y salida de propósito general. Los puertos de entrada y salida le sirven al microcontrolador para enviar y recibir información al exterior. Debido a que no se puede tener un número infinito de pines, se puede programar para que sus puertos se configuren como entradas o salidas.

Dentro de las distintas formas de comunicarse, también existe la posibilidad de interactuar el microcontrolador con una computadora personal, existen dos formas de hacerlo. La comunicación serial y la comunicación en paralelo.

La comunicación serial se refiere a que en dicho puerto se realizará una interfaz de datos digitales donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez, obteniendo con esto una desventaja en cuanto a que la comunicación será más lenta comparada con la comunicación en paralelo, sin embargo sus principales ventajas son que es más sencillo al utilizar, es más comercial y tiene alcances de mayores distancias.

Por su parte, la comunicación en forma paralela tiene la principal característica de que los bits de datos viajan juntos, enviando un paquete de bytes a la vez, haciendo una comunicación más rápida.

A continuación se mencionan las características de la mayoría de los microcontroladores:
-Oscilador interno: Los microcontroladores necesitan de un oscilador que sincroniza sus ejecuciones para que el sistema funcione correctamente. Cuando no se cuenta con un oscilador interno se debe ocupar uno externo que se adapte a las necesidades del microcontrolador.

-Temporizador: Se encarga de controlar los tiempos dentro del microcontrolador. Existen microcontroladores que manejan solamente un temporizador y hay otros que tienen hasta tres temporizadores.

-Perro Guardián: Esta destinado a provocar un reset o inicialización cuando el programa queda bloqueado.

-Convertidor analógico-digital: Muy frecuentemente se necesitarán recibir señales de tipo analógicas, es por eso que varios tipos de microcontroladores incorporan un convertidor analógico-digital y así pueden trabajar con estas señales directamente, ahorrando la etapa de conversión externa que beneficia en tiempo y costo.

-Comparador analógico: Permite verificar el valor de dos señales analógicas, basándose en los amplificadores operacionales que tienen la característica de poder comparar dos señales analógicas y entregar a la salida algún nivel lógico.

-Modulador de ancho de pulsos: Son periféricos muy utilizados para el control de motores, sin embargo no es la única aplicación que se le da, solo por mencionar algunas, son muy útiles para: inversión de corriente directa a corriente alterna, conversión digital-analógica, control regulado de luz entre otras.

-Módulo CCP: Es capaz de realizar tres funciones: captura de una señal, comparación de una señal y salida por medio de la modulación de ancho de pulsos.

2.4.4 ARQUITECTURA DEL MICROCONTROLADOR

En el interior del microcontrolador se puede aplicar para su trabajo dos arquitecturas diferentes, según la forma de conectar la memoria con su procesador. Se tiene la arquitectura Von Neumann, utilizada en la mayoría de las computadoras personales. Este tipo de arquitectura maneja solo una memoria principal en la que se almacenan tanto las instrucciones del programa como los datos, teniendo únicamente un bus de comunicación que sirve para ambas cosas. El hecho de estar conectado solamente con un bus de comunicación resulta una desventaja en el tiempo, ya que para que se ejecute una instrucción es necesario esperar a que se procesen los datos y viceversa.

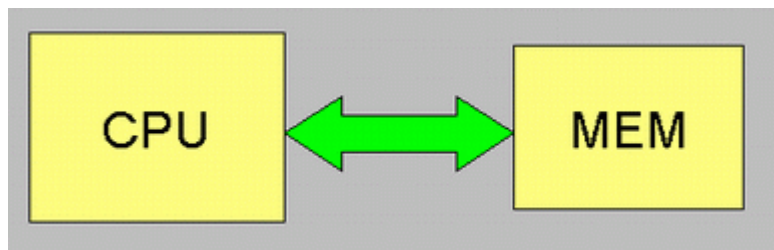


Figura 11: Arquitectura Von Neumann

El otro tipo de arquitectura es la Harvard, tiene dos diferentes memorias conectadas al procesador y cada memoria tiene su propio bus. Una memoria se encarga de los datos y la otra se encarga de las instrucciones. Al estar estructurado de este modo, el procesador puede acceder a cada una de las memorias de manera simultánea, obteniendo una velocidad de transferencia de datos y una ejecución de instrucciones mayor que con la arquitectura Von Neumann

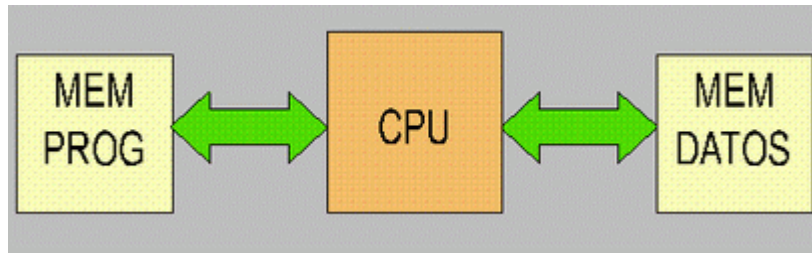


Figura 12: Arquitectura Harvard

2.5 DIODO FREEWHEELING

Cuando a una bobina se le suspende la corriente que la recorre, reacciona produciendo un sobre voltaje. Cuando se tiene un componente como un transistor que funciona como interruptor para la bobina, el sobre voltaje que se genera, cuando el circuito se abre, puede ser suficiente para causarle un daño irreparable.

Recordando el principio de conservación de energía se sabe que, si la corriente que circula por una carga inductiva cambia, esta misma inductancia genera un voltaje tal que la corriente fluye tanto como energía exista en el campo magnético. Este efecto se logra ver como un pequeño arco eléctrico en interruptores o en relevadores de circuitos con cargas inductivas. Para eliminar este repentino sobre voltaje se utiliza el diodo Freewheeling también conocido como diodo supresor o diodo de flyback.

Si se tiene una fuente de voltaje conectada a través de un interruptor a un inductor con su respectiva resistencia interna, cuando se cierra el interruptor, el inductor comienza a energizarse, después de un tiempo al abrirlo, el inductor intenta resistir la caída de voltaje repentina por medio de su propia reserva de campo magnético generando así su propio voltaje. Por consecuencia, se genera un potencial negativo demasiado grande en donde antes había potencial positivo y ahora hay un potencial positivo donde antes era potencial negativo y ya que no hay ninguna conexión física que permita el flujo de la corriente, la gran diferencia de potencial puede causar un pequeño arco eléctrico que es capaz de atravesar el espacio de aire entre la distancia del interruptor abierto o en el caso de un transistor, atravesar su encapsulado.

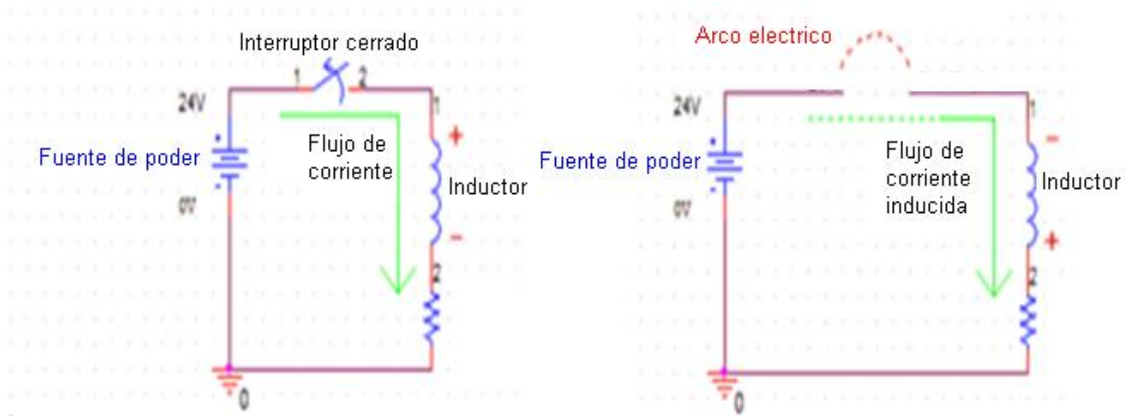


Figura 13: Circuito sin diodo flyback

El diodo flyback se conecta en paralelo con la carga inductiva para que, cuando el interruptor se abra, permita a la corriente que circula por la bobina continúe su trayectoria pero ahora por el diodo y en forma de lazo continuo, el inductor extraiga la corriente de si mismo.

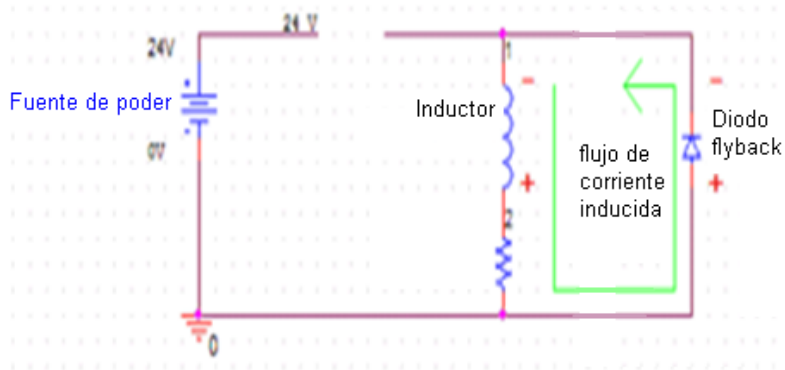


Figura 14: Uso del diodo flyback

2.6 MULTIPLEXOR

Un multiplexor es un circuito integrado que combina dos o mas señales con un mismo sistema y su funcionamiento lo hace con 2^n líneas de entrada de datos, 1 línea de salida y n entradas de selección. Las entradas de selección indican cuál de estas líneas de entrada de datos es la que proporciona el valor a la línea de salida.

Es usado para el control de flujo de información que equivale a un conmutador. En su forma más básica se compone de dos entradas de datos (A y B), una salida y una entrada de control. Cuando la entrada de control se pone a 0 lógico, la señal de datos A es conectada a la salida; cuando la entrada de control se pone a 1 lógico, la señal de datos B es la que se conecta a la salida.

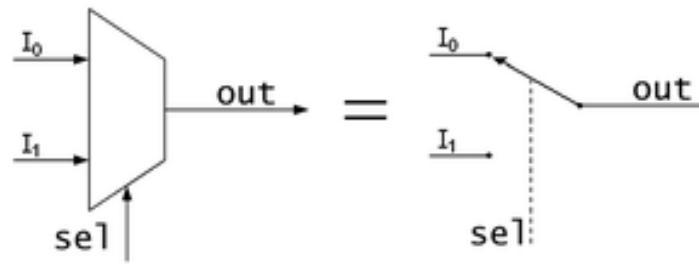


Figura 15: Esquema de un multiplexor 2 a 1

2.7 ELECTROCARDIOMETRÍA

Un electrocardiograma es la representación gráfica de la actividad eléctrica que se obtiene del corazón.

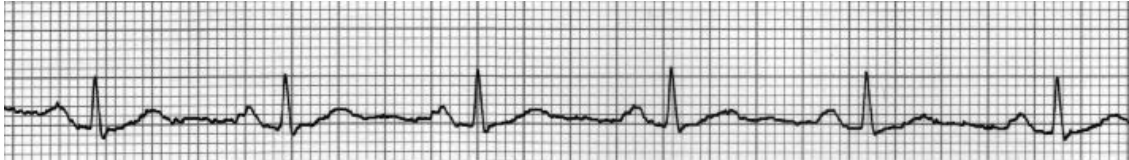


Figura 16: Electrocardiograma

Esta representación se obtiene de un sistema llamado electrocardiógrafo el cual se utiliza para amplificar las señales eléctricas del corazón y por medio de una serie de electrodos colocados en la superficie corporal se detecta la actividad eléctrica.

La palabra electrodo viene del griego “*elektron*”, que significa ámbar y de donde proviene la palabra electricidad y “*hodos*” que significa camino. Un electrodo es un conductor utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de algún circuito. Percibe las ondas eléctricas que genera el corazón durante su ciclo cardíaco. Cada uno de los electrodos colocados en distintos ángulos detecta diferentes formas de actividad eléctrica.



Figura 17: Electrodo

La forma de colocar los electrodos sigue un procedimiento, ya que no pueden colocarse en cualquier parte del cuerpo. Para obtener un electrocardiograma con 12 derivaciones es necesario colocar 10 electrodos, así se obtienen 6 derivaciones de miembro y 6 derivaciones precordiales. Los electrodos que dan las 6 derivaciones de miembro se colocan de la siguiente forma:

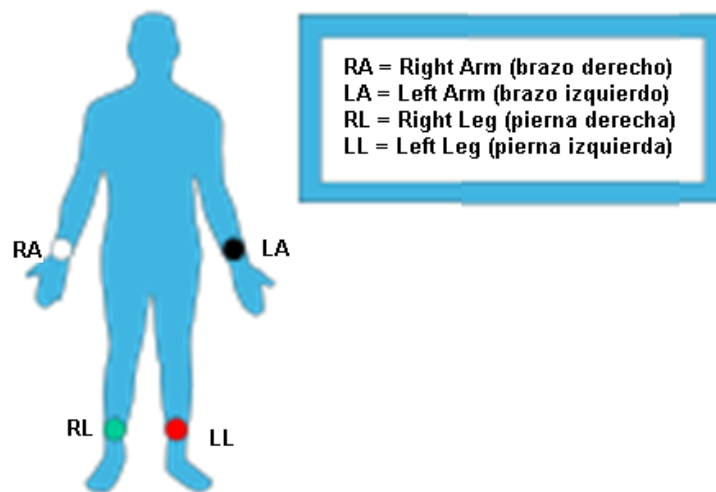


Figura 18: Colocación de los electrodos en las extremidades

El electrodo del brazo derecho “RA” se coloca en ese brazo y a la misma altura pero del brazo izquierdo se coloca el electrodo “LA”. El electrodo de la pierna derecha “RL” se coloca en esa pierna y a la misma altura pero en la pierna izquierda se coloca el electrodo “LL”. Para obtener un electrocardiograma correcto correspondiente a las 6 derivaciones precordiales, se necesita llevar un orden al colocarlos y un protocolo a seguir:

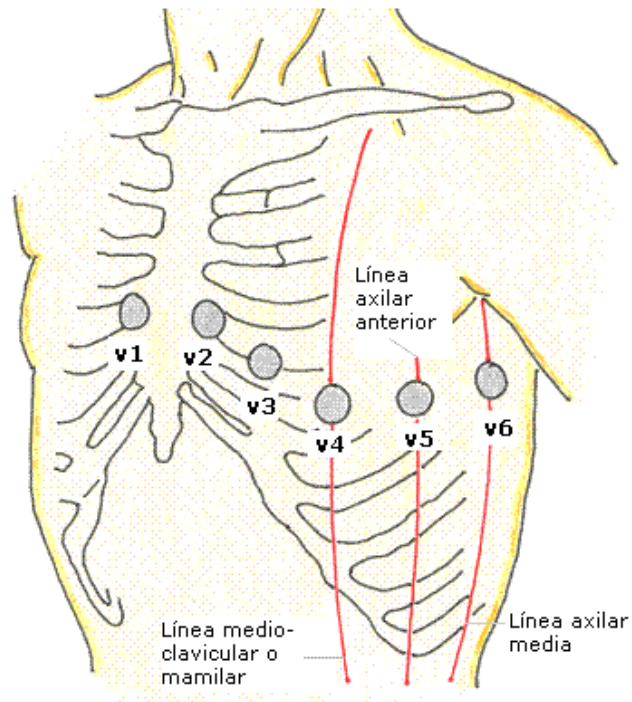


Figura 19: Localización de los 6 puntos de las derivaciones precordiales

La derivación precordial V1 donde se coloca el electrodo correspondiente, se localiza en el cuarto espacio intercostal derecho, junto al esternón.

Después, se coloca el electrodo de V2 ubicado en el cuarto espacio intercostal izquierdo, junto al esternón.

Para localizar V3 se necesita saber donde está ubicado V4 ya que V3 se encuentra en un lugar equidistante entre V2 y V4.

Se coloca el electrodo V4 en su respectiva derivación precordial ubicada en el quinto espacio intercostal izquierdo, sobre la línea medio-clavicular.

V5 se coloca en el quinto espacio intercostal izquierdo, sobre la línea axilar anterior. Por último se pone el electrodo correspondiente a V6 en el quinto espacio intercostal izquierdo, sobre la línea axilar media.

Estos puntos al estar más cerca del corazón suelen ser más representativos y la interpretación que le darán los médicos sirve para diagnosticar al paciente alguna enfermedad o su completa salud. Si se tienen seis personas paradas en una avenida en diferentes sitios y cada una tiene la tarea de observar a un coche que pasa por esa avenida y después se reúnen para platicar entre ellos que fue lo que observaron; cada uno de ellos habrá tenido una experiencia diferente debido a que cada quien tuvo su propio punto de vista. Del mismo modo cada punto de derivación precordial nos dará diferente información de un mismo evento que es la actividad eléctrica del corazón.

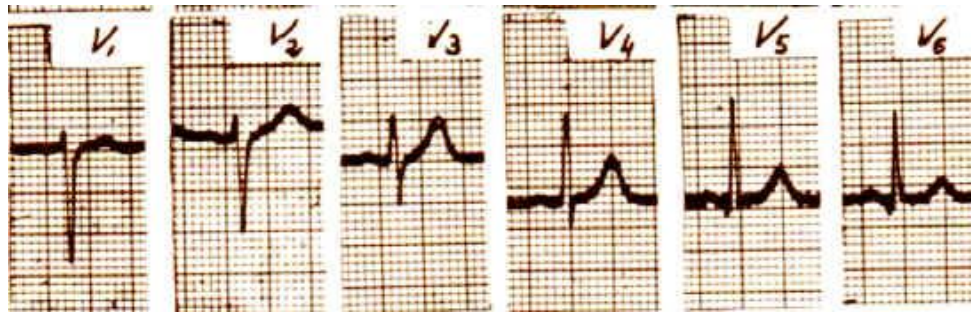


Figura 20: Electrocardiogramas de las 6 derivaciones precordiales

Todos los equipos de electrocardiografos tienen, ya sea por código de colores o por dibujos representativos, su instructivo para colocar cada electrodo en donde debe de ir. No se deben conectar en otros sitios a los que no están destinados.



- 1 - Verde // Pierna Derecha**
- 2 - Rojo // Pierna Izquierda**
- 3 - Negro // Brazo Izquierdo**
- 4 - Blanco // Brazo Derecho**
- 5 - Rojo // V1**
- 6 - Amarillo // V2**
- 7 - Verde // V3**
- 8 - Azul // V4**
- 9 - Naranja // V5**
- 10 - Violeta // V6**

Figura 21: Código de colores para la colocación de los electrodos en el cuerpo