



SOLDADURA

1

BREVE HISTORIA DE LA SOLDADURA

Se cree que hace 2500 años, Glaukos, un herrero griego, soldaba hierro. Calentaba las piezas de hierro en un horno o forja hasta que se ablandaba, luego con un martillo las fusionaba hasta convertirlas en una unidad. Antes de esa época los metales se unían por remachado o por soldadura, mediante un procedimiento que no involucraba fusión y en el que a menudo se utilizaba el oro como soldadura.

Así se siguió, casi sin cambios hasta hace alrededor de 95 años, cuando la invención de los modernos procedimientos de soldadura dio paso a medios de eficiencia mayor para unir placas o perfiles metálicos, piezas fundidas, piezas forjadas. La primera soldadura fue la de arco, a la que siguió inmediatamente la soldadura oxiacetilénica.

Estos sistemas se usaban para reparar partes metálicas dañadas o desgastadas. La tecnología de la soldadura y los métodos de prueba progresaron y se experimentó y comprobó que se podía lograr una fusión completa y permanente entre dos o más metales.

Dos piezas de metal pueden fundirse para formar una sola unidad con las técnicas y los materiales adecuados. El solapado de las piezas por unir no es necesario, y el espesor de la soldadura no necesita ser mayor que el espesor de cualquiera de los miembros soldados. Se puede soldar cualquier metal con las técnicas y procedimientos correctos, sin éstos, la soldadura puede fallar. Conociendo la estructura y las propiedades de un metal, se pueden diseñar y hacer mejores soldaduras. Por ello es tan importante la relación que existe entre la metalurgia de un metal y su soldabilidad o habilidad para dejarse soldar.

A continuación, daremos comienzo al estudio del sistema de soldadura por arco eléctrico manual.

SISTEMA ARCO MANUAL

Descripción del Proceso

El sistema de soldadura Arco Manual, se define como el proceso en que se unen dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir.

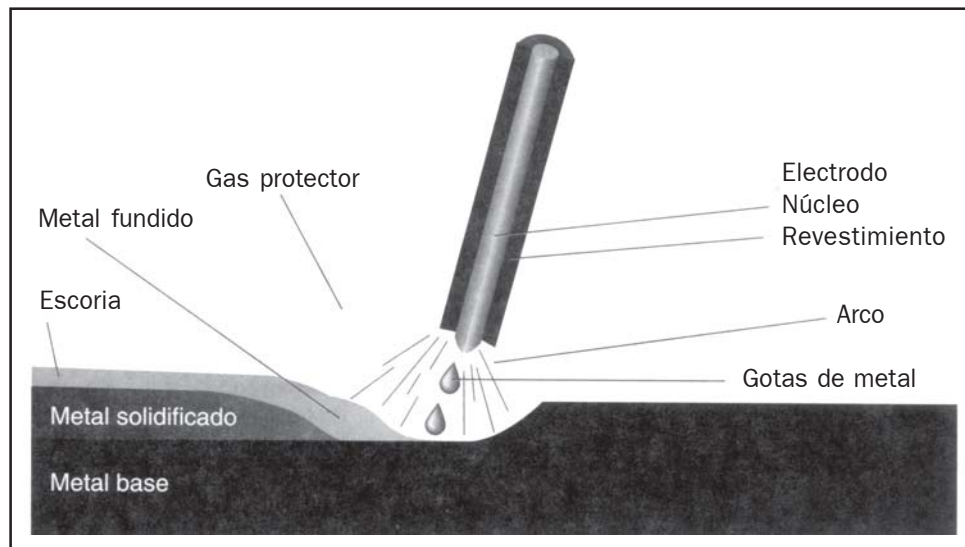
La soldadura al arco se conoce desde fines del siglo pasado. En esa época se utilizaba una varilla metálica descubierta que servía de metal de aporte.

Pronto se descubrió que el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera eran causantes de fragilidad y po-

ros en el metal soldado, por lo que al núcleo metálico se le agregó un revestimiento que al quemarse se gasificaba, actuando como atmósfera protectora, a la vez que contribuía a mejorar notablemente otros aspectos del proceso.

El electrodo consiste en un núcleo o varilla metálica, rodeado por una capa de revestimiento, donde el núcleo es transferido hacia el metal base a través de una zona eléctrica generada por la corriente de soldadura.

El revestimiento del electrodo, que determina las características mecánicas y químicas de la unión, está constituido por un conjunto de componentes minerales y orgánicos.



SEGURIDAD EN SOLDADURA AL ARCO

Cuando se realiza una soldadura al arco durante la cual ciertas partes conductoras de energía eléctrica están al descubierto, el operador tiene que observar con especial cuidado las reglas de seguridad, a fin de contar con la máxima protección personal y también proteger a las otras personas que trabajan a su alrededor.

En la mayor parte de los casos, la seguridad es una cuestión de sentido común. Los accidentes pueden evitarse si se cumplen las siguientes reglas:

Protección Personal

Siempre utilice todo el equipo de protección necesario para el tipo de soldadura a realizar. El equipo consiste en:

- 1. Máscara de soldar**, protege los ojos, la cara, el cuello y debe estar provista de filtros inactínicos de acuerdo al proceso e intensidades de corriente empleadas.
- 2. Guantes de cuero**, tipo mosquetero con costura interna, para proteger las manos y muñecas.
- 3. Colete o delantal de cuero**, para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco.
- 4. Polainas y casaca de cuero**, cuando sea necesario hacer soldadura en posiciones verticales y sobre cabeza, deben usarse estos aditamentos, para evitar las severas quemaduras que puedan ocasionar las salpicaduras del metal fundido.
- 5. Zapatos de seguridad**, que cubran los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras.
- 6. Gorro**, protege el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hacen soldaduras en alturas.

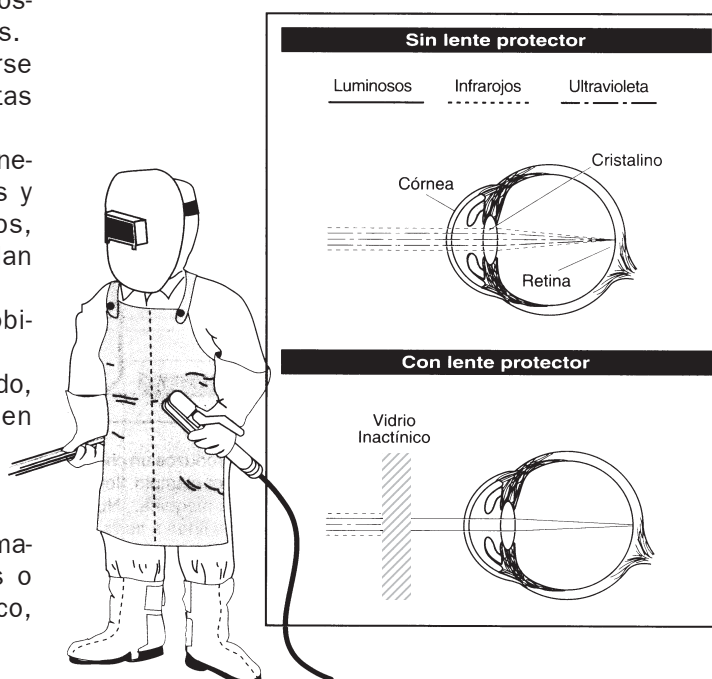
IMPORTANTE: Evite tener en los bolsillos todo material inflamable, como fósforos, encendedores o papel celofán. No use ropa de material sintético, use ropa de algodón.

Protección de los ojos

La protección de los ojos es un asunto tan importante que merece consideración aparte. El arco eléctrico que se utiliza como fuente calórica y cuya temperatura alcanza más de 4.000°C, desprende radiaciones visibles y no visibles. Dentro de estas últimas, tenemos aquellas de efecto más nocivo como son los rayos ultravioletas e infrarrojos.

El tipo de quemadura que el arco produce en los ojos no es permanente, aunque sí es extremadamente dolorosa. Su efecto es como “tener arena caliente en los ojos”. Para evitarla, debe utilizarse un lente protector (vidrio inactínico) que ajuste bien y delante de éste, para su protección, siempre hay que mantener una cubierta de vidrio transparente, la que debe ser sustituida inmediatamente en caso de deteriorarse. A fin de asegurar una completa protección, el lente protector debe poseer la densidad adecuada al proceso e intensidad de corriente utilizada. La siguiente tabla le ayudará a seleccionar el lente adecuado:

Influencia de los rayos sobre el ojo humano:



CURSO DE SOLDADURA

Escala de lentes a usar (en grados), de acuerdo al proceso de soldadura y torchado (arco – aire)

PROCESO	CORRIENTE, en Amperes																			
	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500
Arco manual				9		10			11					12				13		14
Sistema MIG, con gas inerte, espesores altos								10		11				12				13		14
Sistema Mig con gas inerte, espesores bajos								10		11		12		13				14		15
Proceso TIG	9			10		11			12			13		14						
Proceso MIG con gas CO ₂						10		11	12			13					14		15	
Torchado arco—aire									10	11		12		13			14		15	

NOTA: las áreas en negro corresponden a los rangos en donde la operación de soldadura no es normalmente usada.

Seguridad al usar una máquina soldadora

Antes de usar la máquina de soldar al arco se deben guardar ciertas precauciones, conocer su operación y manejo, como también los accesorios y herramientas adecuadas. Para ejecutar el trabajo con facilidad y seguridad, deben observarse ciertas reglas muy simples:

tes parásitas produzca un choque eléctrico al operador, cuando éste, por ejemplo, llegue a poner una mano en la carcasa de la máquina. **Nunca opere una máquina que no tenga su línea a tierra.**

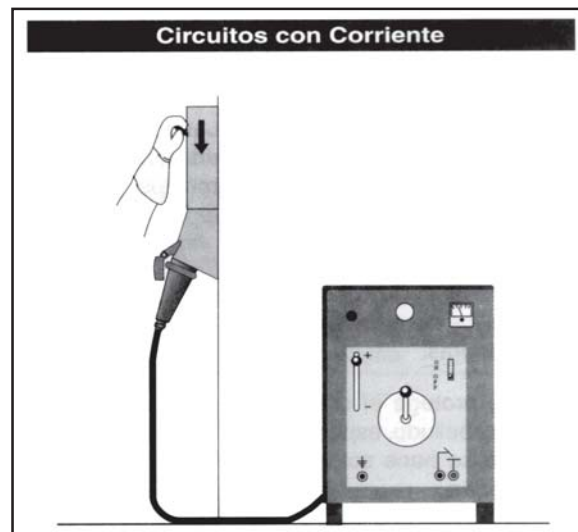
Máquina Soldadora (Fuente de Poder)

Circuito con Corriente:

En la mayoría de los talleres el voltaje usado es 220 ó 380 volts. El operador debe tener en cuenta el hecho que estos son voltajes altos, capaces de inferir graves lesiones. Por ello es muy importante que ningún trabajo se haga en los cables, interruptores, controles, etc., antes de haber comprobado que la máquina ha sido desconectada de la energía, abriendo el interruptor para desenergizar el circuito. Cualquier inspección en la máquina debe ser hecha cuando el circuito ha sido desenergizado.

Línea a Tierra:

Todo circuito eléctrico debe tener una línea a tierra para evitar que la posible formación de corrientes



Cambio de Polaridad:

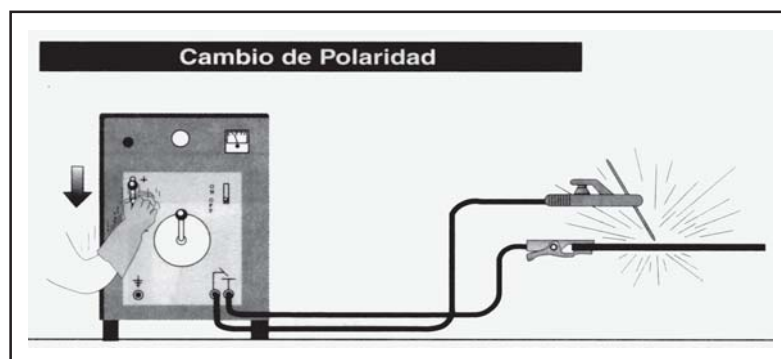
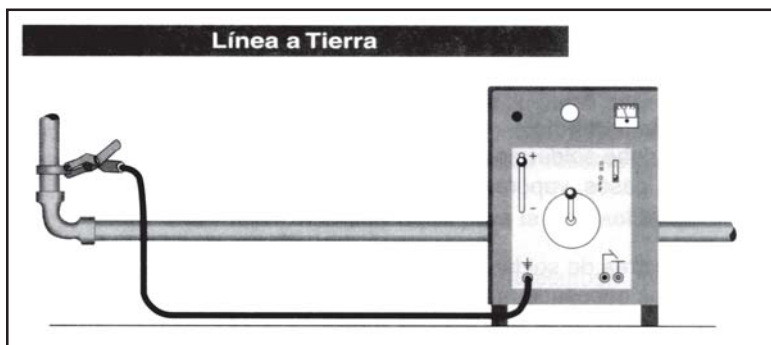
El cambio de polaridad se realiza para cambiar el polo del electrodo de positivo (polaridad invertida) a negativo (polaridad directa). No cambie el selector de polaridad si la máquina está operando, ya que al hacerlo saltará el arco eléctrico en los con-

CURSO DE SOLDADURA

tactos del interruptor, destruyéndolos. Si su máquina soldadora no tiene selector de polaridad, cambie los terminales cuidando que ésta no esté energizada.

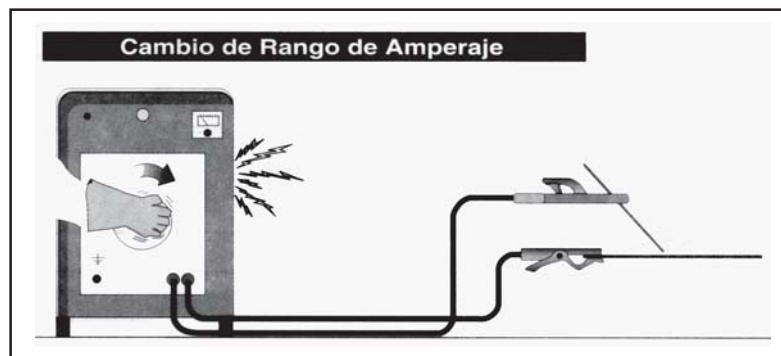
Cambio del Rango de Amperaje:

En las máquinas que tienen 2 o más escalas de amperaje no es recomendable efectuar cambios de rango cuando se está soldando, ya que esto puede produ-



cir daños en las tarjetas del control, u otros componentes tales como tiristores, diodos, transistores, etc.

En máquinas tipo clavijeros no se debe cambiar el amperaje cuando el equipo está soldando ya que se producen serios daños en los contactos eléctricos, causados por la aparición de un arco eléctrico al interrumpir la corriente.



En máquinas tipo Shunt móvil, no es aconsejable regular el amperaje soldando, puesto que se puede dañar el mecanismo que mueve el Shunt.

Circuito de soldadura:

Cuando no está en uso el porta electrodos, nunca debe ser dejado encima de la mesa o en contacto con cualquier otro objeto que tenga una línea directa a la superficie donde se suelda. El peligro en este caso es que el portaelectrodo, en contacto con el circuito a tierra, provoque

en el transformador del equipo un corto circuito.

Las soldadura no es una operación riesgosa si se respetan las medidas preventivas adecuadas. Esto requiere un conocimiento de las posibilidades de daño que pueden ocurrir en las operaciones de soldar y una precaución habitual de seguridad por el operador.



Seguridad en operaciones de Soldadura

Condiciones ambientales que deben ser consideradas:

Riesgos de Incendio:

Nunca se debe soldar en la proximidad de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvo o polvos combustibles.

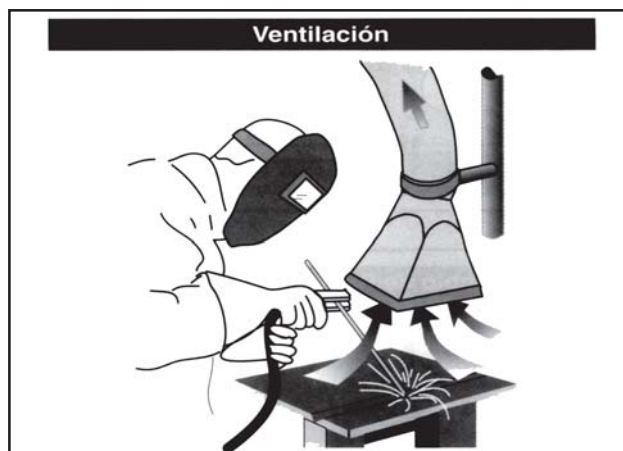
Cuando el área de soldadura contiene gases, vapores o polvos, es necesario mantener perfectamente aireado y ventilado el lugar mientras se suelda.

Nunca soldar en la vecindad de materiales inflamables o de combustibles no protegidos.



Ventilación:

Soldar en áreas confinadas sin ventilación adecuada puede considerarse una operación arriesgada, porque al consumirse el oxígeno disponible, a la par con el calor de la soldadura y el humo restante, el operador queda expuesto a severas molestias y enfermedades.

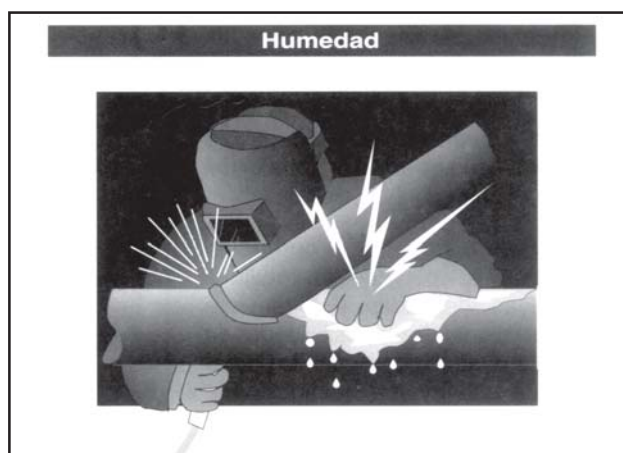


Humedad:

La humedad entre el cuerpo y algo electrificado forma una línea a tierra que puede conducir corriente al cuerpo del operador y producir un choque eléctrico.

El operador nunca debe estar sobre una poza o sobre suelo húmedo cuando suelda, como tampoco trabajar en un lugar húmedo.

Deberá conservar sus manos, vestimenta y lugar de trabajo continuamente secos.



Seguridad en Soldadura de Estanques

Soldar recipientes que hayan contenido materiales inflamables o combustibles es una operación de soldadura extremadamente peligrosa. A continuación se detallan recomendaciones que deben ser observadas en este tipo de trabajo:

a) Preparar el estanque para su lavado:

La limpieza de recipientes que hayan contenido combustibles debe ser efectuada sólo por personal experimentado y bajo directa supervisión.

No debe emplearse hidrocarburos clorados (tales como tricloroetileno) y tetracloruro de carbono), debido a que se descomponen por

calor o radiación de la soldadura, para formar fosfógeno, gas altamente venenoso.

b) Métodos de lavado:

La elección del método de limpieza depende generalmente de la sustancia contenida: Existen tres métodos: agua, solución química caliente y vapor.

c) Preparar el estanque para la operación de soldadura:

Al respecto existen dos tratamientos:

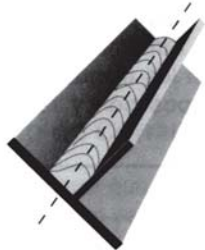
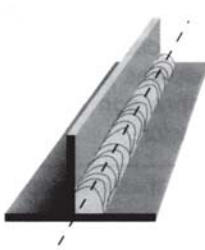

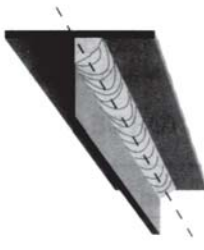







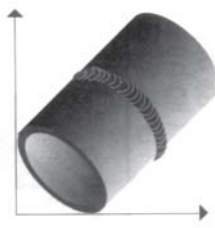
- ♦ Agua
- ♦ Gas $\text{CO}_2\text{-N}_2$

El proceso consiste en llenar el estanque a soldar con algunos de éstos fluidos, de tal forma que los gases inflamables sean desplazados desde el interior.



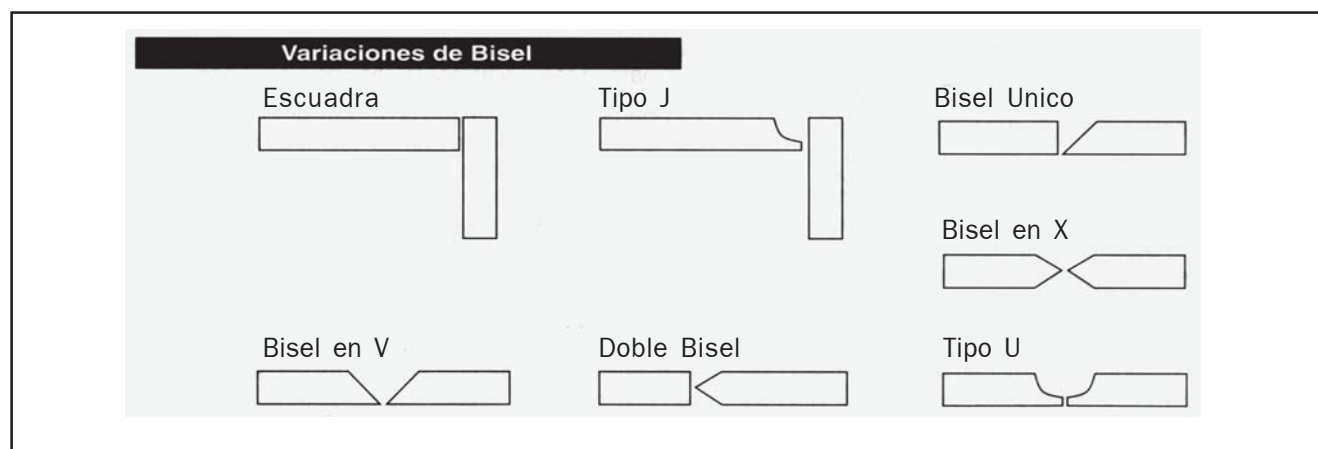
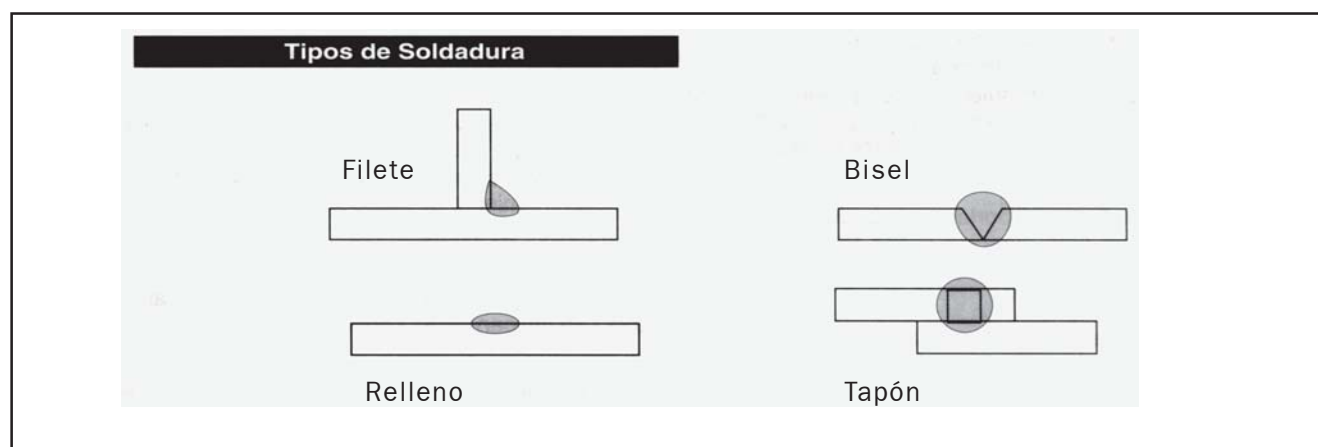
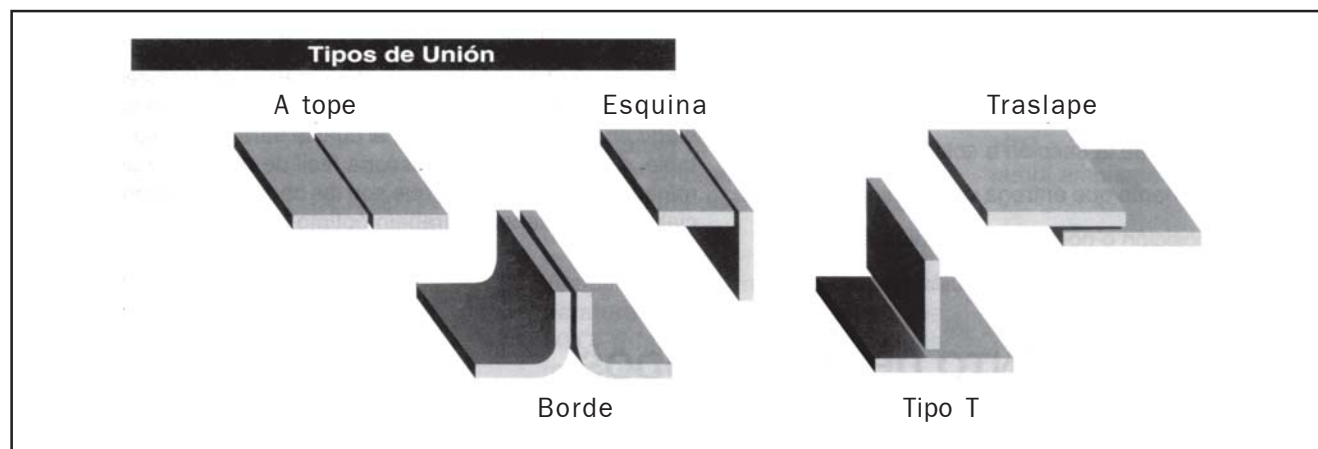
POSICIONES EN SOLDADURA

Designación de acuerdo con ANSI/AWS A 3.0-85.

Plano	Horizontal	Vertical	Sobrecabeza
Uniones de Filete			
 1F	 2F	 3F	 4F
Uniones Biseladas			
 1G	 2G	 3G	 4G
Uniones de Tuberías			
<p>La tubería se rota mientras se suelda</p>  1G	 2G	<p>La tubería no se rota mientras se suelda</p>  5G	 6G

ESQUEMAS BÁSICOS

Esquemas Básicos de Soldadura



PROBLEMAS Y DEFECTOS COMUNES EN LA SOLDADURA AL ARCO

DEFECTOS

CAUSAS Y SOLUCIONES

Mal aspecto



Causas probables:

1. Conexiones defectuosas.
2. Recalentamiento.
3. Electrodo inadecuado.
4. Longitud de arco y amperaje inadecuado.

Recomendaciones:

1. Usar la longitud del arco, el ángulo (posición) del electrodo y la velocidad de avance adecuados.
2. Evitar el recalentamiento.
3. Usar un vaivén uniforme.
4. Evitar usar corriente demasiado elevada.

Penetración excesiva



Causas probables:

1. Corriente muy elevada.
2. Posición inadecuada del electrodo.

Recomendaciones:

1. Disminuir la intensidad de la corriente.
2. Mantener el electrodo a un ángulo que facilite el llenado del bisel.

Salpicadura excesiva



Causas probables:

1. Corriente muy elevada.
2. Arco muy largo.
3. Soplo magnético excesivo.

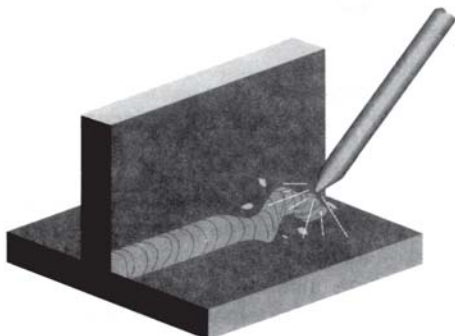
Recomendaciones:

1. Disminuir la intensidad de la corriente.
2. Acortar el arco.
3. Ver lo indicado para "Arco desviado o soplado".

DEFECTOS

CAUSAS Y SOLUCIONES

Arco desviado



Causas probables:

1. El campo magnético generado por la C.C. que produce la desviación del arco (soplo magnético).

Recomendaciones:

1. Usar C.A.
2. Contrarrestar la desviación del arco con la posición del electrodo, manteniéndolo a un ángulo apropiado.
3. Cambiar de lugar la grampa a tierra.
4. Usar un banco de trabajo no magnético.
5. Usar barras de bronce o cobre para separar la pieza del banco.

Soldadura porosa



Causas probables:

1. Arco corto.
2. Corriente inadecuada.
3. Electrodo defectuoso.

Recomendaciones:

1. Averiguar si hay impurezas en el metal base.
2. Usar corriente adecuada.
3. Utilizar el vaivén para evitar sopladuras.
4. Usar un electrodo adecuado para el trabajo.
5. Mantener el arco más largo.
6. Usar electrodos de bajo contenido de hidrógeno.

Soldadura agrietada


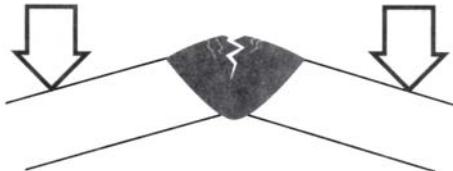


Causas probables:

1. Electrodo inadecuado.
2. Falta de relación entre tamaño de la soldadura y las piezas que se unen.
3. Mala preparación.
4. Unión muy rígida.

Recomendaciones:

1. Eliminar la rigidez de la unión con un buen proyecto de la estructura y un procedimiento de soldadura adecuado.
2. Precalentar las piezas.
3. Evitar las soldaduras con primeras pasadas.
4. Soldar desde el centro hacia los extremos o bordes.
5. Seleccionar un electrodo adecuado.
6. Adaptar el tamaño de la soldadura de las piezas.
7. Dejar en las uniones una separación adecuada y uniforme.

DEFECTOS	CAUSAS Y SOLUCIONES
<div>Combadura</div> 	<p>Causas probables:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Diseño inadecuado.2. Contracción de metal de aporte.3. Sujeción defectuosa de las piezas.4. Preparación deficiente.5. Recalentamiento en la unión. <p>Recomendaciones:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Corregir el diseño.2. Martillar (con martillo de peña) los bordes de la unión antes de soldar.3. Aumentar la velocidad de trabajo (avance)4. Evitar la separación excesiva entre piezas.5. Fijar las piezas adecuadamente.6. Usar un respaldo enfriador.7. Adoptar una secuencia de trabajo.8. Usar electrodos de alta velocidad y moderada penetración.
<div>Soldadura quebradiza</div> 	<p>Causas probables:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Electrodo inadecuado.2. Tratamiento térmico deficiente.3. Soldadura endurecida al aire.4. Enfriamiento brusco. <p>Recomendaciones:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Usar un electrodo con bajo contenido de hidrógeno o de tipo austenítico.2. Calentar antes o después de soldar o en ambos casos.3. Procurar poca penetración dirigiendo el arco hacia el crater.4. Asegurar un enfriamiento lento.
<div>Penetración incompleta</div> 	<p>Causas probables:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Velocidad excesiva.2. Electrodo de Ø excesivo.3. Corriente muy baja.4. Preparación deficiente.5. Electrodo de Ø pequeño. <p>Recomendaciones:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Usar la corriente adecuada. Soldar con lentitud necesaria para lograr buena penetración de raíz.2. Velocidad adecuada.3. Calcular correctamente la penetración del electrodo.4. Elegir un electrodo de acuerdo con el tamaño de bisel.5. Dejar suficiente separación en el fondo del bisel.

DEFECTOS

CAUSAS Y SOLUCIONES

Fusión deficiente



Causas probables:

1. Velocidad excesiva.
2. Electrodo de \varnothing inadecuado.
3. Corriente muy baja.

Recomendaciones:

1. Velocidad adecuada.
2. elegir un electrodo de acuerdo con el tamaño del bisel.
3. Usar la corriente adecuada acorde al \varnothing del electrodo.

Distorsión (deformación)



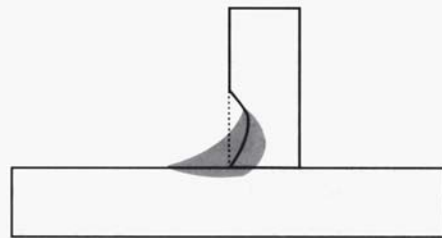
Causas probables:

1. Calentamiento desigual o irregular
2. Orden (secuencia) inadecuado de operación.
3. Contracción del metal de aporte.

Recomendaciones:

1. Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas
2. Conformar las piezas antes de soldarlas.
3. Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar.
4. Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme.
5. Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo:

Socavado



Causas probables:

1. Manejo defectuoso del electrodo.
2. Selección inadecuada del tipo de electrodo.
3. Corriente muy elevada.

Recomendaciones:

1. Usar vaivén uniforme en las soldaduras de tope.
2. Usar electrodo adecuado.
3. Evitar un vaivén exagerado.
4. Usar corriente moderada y soldar lentamente.
5. Sostener el electrodo a una distancia prudente del plano vertical al soldar filetes horizontales.

SOLDADURA ELÉCTRICA, LOS ELECTRODOS

Electrodo: en la soldadura con arco, es la varilla que lleva la corriente y soporta al arco eléctrico establecido entre la varilla y la pieza de trabajo, o entre dos varillas, como en la soldadura de arco con carbones gemelos. Puede o no suministrar metal de aporte, ser un electrodo desnudo, electrodo de carbón, o electrodo recubierto. En la soldadura por resistencia es una parte de la máquina a través de la cual se aplica la corriente y, en la mayoría de los casos, presión directamente a la pieza de trabajo.

ELECTRODOS DESNUDOS:

Son alambres de soldadura estirados o laminados. No se emplean ya para soldaduras de unión por sus desfavorables condiciones y sus débiles cualidades mecánicas. Al emplearlos, el arco es inseguro y se rompe por carencia de ionización suficiente del segmento del arco. Debido a la alta absorción de oxígeno y nitrógeno del aire aparecen en la costura acumulaciones de óxido y nitruros que convierten la unión soldada en dura y quebradiza.

ELECTRODOS REVESTIDOS:

Están formulados por una varilla metálica llamada «alma» y una serie de materias aglomeradas forman el revestimiento del electrodo, y cuya composición varía de acuerdo al metal a soldar. El extremo del electrodo no tiene revestimiento a fin de permitir un buen contacto con el porta electrodo. Estos electrodos de acuerdo a la composición del revestimiento se usan con corriente continua, o continua y alterna.

FINALIDAD DEL REVESTIMIENTO:

1. Mantener el arco en el extremo de electrodo y al mismo tiempo controlar al baño de fusión.
2. Facilitar el encendido del arco y producir la ionización del aire.
3. Estabilizar el arco y permitir el uso de corriente alterna.
4. Proteger al metal en estado líquido de los gases contenidos en el aire.
5. Producir una escoria que tiene como finalidad afinar el metal y producir un enfriamiento lento.
6. En algunos casos el revestimiento contiene elementos especiales que se incorporan a la soldadura en el momento de la fusión.

ELECCIÓN DEL ELECTRODO:

Para la elección del electrodo se deben tener en cuenta 5 puntos diferentes.

1. Propiedades mecánicas del metal depositado.
2. Características de utilización.
3. Características económicas.
4. Propiedades de los revestimientos.
5. Clasificación A.W.S.

1. PROPIEDADES MECÁNICAS:

Las propiedades más importantes del metal depositado en condiciones normales son:

A) Resistencia a la tracción. Es el valor que se obtiene dividiendo la carga máxima medida en un ensayo de tracción por la sección transversal de la probeta antes de la carga. A este valor se lo denomina también resistencia a la rotura, expresada en libras por pulgada cuadrada (LBS/PLG²) o kilogramos por milímetro cuadrado (kg/mm²)

B) Ductilidad. Es la propiedad que permite la deformación permanente antes de la rotura de una probeta cargada en tracción, esta propiedad está correlacionada con la capacidad del material para su trafilación. La ductilidad se expresa en términos de porcentaje de alargamiento o en porcentaje de reducción del área, de acuerdo a los valores resultantes del ensayo de tracción (A%)

C) Resiliencia. Es la propiedad de almacenar y liberar energía ante la aplicación y eliminación de una carga, se mide por módulo de resiliencia. Los materiales que tienen elevado módulo de resiliencia son capaces de soportar fuertes impactos sin fracturarse, se expresa en Kg/cm^2 (K)

D) Tenacidad. Es la propiedad de requerir una gran cantidad de trabajo (fuerza por distancia) para producir la rotura. los materiales tenaces tienen alta resistencia y elevada ductilidad y usualmente alta resistencia al impacto.

E) Dureza. Indica la resistencia al rayado, a la penetración y se mide en grados correspondientes a diferentes escalas (BRINELL, ROCKWELL C, B Y VICKERS). Hay una relación aproximada entre dureza BRINELL y resistencia a la tracción en los aceros al carbono.

$$R.T = (H.B)/3 = (\text{kg/mm}^2)$$

F) Límite elástico. Es la mayor tensión que un material puede soportar sin sufrir una deformación permanente.

G) Forjabilidad. Indica la capacidad de deformación al rojo. En general se considera que un metal es forjable cuando se cumple esta condición: $R.T.A.\% \geq 1.100$.

2) CARACTERÍSTICAS DE UTILIZACIÓN:

La elección de un electrodo está determinada por la naturaleza del metal a soldar. Una vez determinada esta condición se encuentran muchos tipos de electrodos que se distinguen entre sí por los siguientes factores:

A) Naturaleza de la corriente a utilizar, que puede ser alterna o continua y en este caso determinar la polaridad.

B) Por las posiciones en las cuales es posible soldar, ya que no todos los electrodos lo hacen en toda posición.

C) Las intensidades máxima y mínima que para un mismo diámetro de electrodo pueden utilizarse. La intensidad mínima es aquella por debajo de la cual no se enciende el arco, la máxima es aquella que pone al rojo el electrodo y quema el revestimiento en forma irregular.

D) Facilidad de desprendimiento de la escoria. En este caso la densidad y la fusibilidad más la adherencia deben ser tales que no produzcan inclusiones en el metal.

E) La penetración debe llegar a una profundidad suficiente del metal de base pero no debe ser tan grande que forme socavaciones en los costados del cordón.

F) La forma del cordón es una característica importante en la soldadura, puede tener perfiles cóncavos, convexos o planos y aspectos rugosos, lisos o muy lisos.

G) La producción de humo es más o menos importante según el tipo de revestimiento, que en algunos casos puede llegar a ser nocivos para el operario.

H) El grado de calidad del metal depositado indica que no existen porosidades o inclusiones y que es sano frente a los rayos X.

3) CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS:

En la elección de un electrodo los puntos más importantes son el peso del electrodo y el coeficiente de fusión, que se expresa en gramos de metal fundido por amper y por minuto, se debe tener en cuenta la intensidad máxima y mínima. En ciertos tipos de electrodos el coeficiente de fusión puede llegar a ser independiente del diámetro.

El rendimiento del electrodo significa el peso del metal depositado en relación al peso del electrodo, y en algunos casos esta relación es superior al 100% del peso del electrodo, dependiendo de los elementos que contenga el revestimiento.

La diferencia entre el peso del metal utilizado y el metal depositado indicará las pérdidas por fusión que comprenden:

- A.** El peso de la punta del electrodo que no es utilizable.
- B.** El peso del metal vaporizado por la alta temperatura.
- C.** El peso del metal depositado en las proyecciones.
- D.** El peso del metal que se incorpora a la escoria.

En general el rendimiento de un electrodo podría estimarse en un 75%. La facilidad del desprendimiento de la escoria es una característica económica importante por el tiempo que insume removerla, esto incide en los tiempos muertos de soldeo. La conservación del electrodo, otra característica económica importante, está basada en la higroscopicidad que indica el deterioro o avería del revestimiento por la humedad. Cada revestimiento tiene un diferente grado de absorción de humedad y por lo tanto algunos deben ser conservados en hornos especiales.

4) PROPIEDADES DE LOS REVESTIMIENTOS:

Las propiedades esenciales de los revestimientos se pueden distinguir en las siguientes formas:

A - Composición química global. Según esta definición se tienen **revestimientos orgánicos**, los cuales están constituidos totalmente por materias a base de carbono tales como la celulosa, algodón, almidón, etc., las que en su mayoría son combustibles.

Revestimientos minerales, son los que están constituidos en su mayor parte por productos que no contienen carbono y por lo tanto no son combustibles, estos productos son minerales, óxidos metálicos y sales metálicas.

B - Afinidad química. Revestimientos ácidos, son aquellos en que predominan los compuestos de reacción ácida, es decir que a alta temperatura atacan fuertemente a los óxidos metálicos, («desoxidantes»)

El componente de mayor acidez es la Sílice (sílice o arena), que forma con los metales y óxidos compuestos llamados silicatos (más o menos fusibles). Lo sigue el Rutilio (óxido de titanio), que figura en la mayoría de los revestimientos por su gran poder desoxidante y desulfurante, además de ionizar el aire y estabilizar el arco.

Revestimientos básicos, son aquellos en que predominan los compuestos de reacción básica, tales como metales (hierro pulverizado), compuestos inorgánicos, carbonatos, fluoruros, óxidos metálicos. Ejemplo: carbonato de calcio, fluoruro de calcio, óxido de aluminio (alúmina)

5) CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS:

La clasificación de electrodos se efectúa de acuerdo a normas internacionales. Estudiaremos la clasificación A.W.S. - A.S.T.M de los electrodos de acero al carbono (A.W.S. - AMERICAN WELDING SOCIETY, A.S.T.M. - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).

La clasificación A.W.S. está basada en un código numérico que parte de una propiedad mecánica que es la resistencia a la tracción. Este código va precedido en la letra E, cuando se trata de electrodos revestidos empleados en soldadura eléctrica.

Los números que van a la izquierda de los dos últimos dígitos (primero dos o primeros tres) multiplicados por 1.000 dan el valor de la resistencia mínima a la tracción del metal depositado expresado en LBS/PLG². Para obtener este valor en el sistema métrico decimal se eliminan los 4 ceros y se multiplica por 7 y el resultado estará expresado en Kg/mm².

El dígito situado junto al último número (puede ser tercero o cuarto), indica las posiciones de

CURSO DE SOLDADURA

soldeo, el 1 corresponde a toda posición, el 2 posición plana y horizontal y el 3 posición plana únicamente. La combinación de los dos últimos dígitos indica la corriente a usar, polaridad y el tipo de revestimiento.

CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS A.W.S.

A.W.D	REVESTIMIENTO	POSICIÓN	CORRIENTE Y POLARIDAD	COMPOSICIÓN QUÍMICA
Exx10	Celulósico Sodio	T.P.	C.C.+	Orgánica (celulósico)
Exx11	Celulósico Potasio	T.P.	C.C+. CA	Orgánica (celulósico)
Exx12	Titanio.Sodio	T.P.	C.C-. CA	Ácida(rutílico)
Exx13	Titanio.Potasio	T.P.	C.C+.CA	Ácida(rutílico)
Exx14	Titanio. Polvo de Fe	T.P.	C.C+.CA	Ácida(rutílico)
Exx15	Bajo H. Sodio	T.P.	C.C+	Básica(básico)
Exx16	Bajo H. Potasio	T.P.	C.C+. CA	Básica(básico)
Exx18	Bajo H. Polvo de Fe	T.P.	C.C+. CA	Básica(básico)
Exx20	Oxido de Fe	P.H.	C.C+.CA	Mineral
Exx24	Titanio. Polvo de Fe	P.H.	C.C+.CA	Ácida(rutílico)
Exx27	Oxido de Fe. Polvo de Fe.	P.H.	C.C+.CA	Mineral
Exx28	Oxido de Fe Bajo H	P.H.	C.C+. CA	Básica(básico)

Exx30
C.C+.CAOxido de Fe
Mineral

P.P. no.

El dígito final indica la composición exacta bajo una de estas clasificaciones químicas, según tablas específicas en la norma.

DESIGNACIÓN DE ACUERDO A SU MAYOR % DE ELEMENTOS DE ALEACIÓN

Número de subfijo A.W.S	% de Aleación				
	Mo	Cr	Ni	Mn	Va
A1	0.5	-	-	-	-
B1	0.5	0.5	-	-	-
B2	0.5	1.25	-	-	-
B3	1.0	2.25	-	-	-
B4	0.5	2.0	-	-	-
B5	1.1	0.5	-	-	-
C1	-	-	2.5	1.2	-
C2	-	-	3.5	1.2	-
C3	-	-	1.0	1.2	-
D1	0.3	-	-	1.5	-
D2	0.3	-	-	1.75	-
D3	0.5	-	-	1.4	-
G*	0.2	0.3	0.5	1.0	0.1

G* sólo necesita tener un porcentaje mínimo de uno de los elementos.

Los sistemas de clasificación para los electrodos revestidos de acero de baja aleación son similares a la de los aceros al carbono, pero a continuación del último dígito existe una letra y un dígito que indican la composición química del metal depositado. Así la letra A significa un electrodo de acero al carbono-molibdeno, la B un electrodo al cromo-molibdeno, en la C un electrodo al níquel manganeso y la D un electrodo al manganeso-molibde-

ELECTRODOS CON REVESTIMIENTO RUTÍLICO

El rol que cumple el revestimiento rutílico es el de aumentar la ionización en el arco y producir un arranque más fácil y mayor estabilidad.

En los electrodos A.W.S. E 6012 los recubrimientos están constituidos con sodio de alto contenido de titanio. Están diseñados para soldadura de uso general en todas las posiciones, ya sea con corriente continua o alterna, tiene un arco relativamente silencioso con penetración media y sin chisporroteo. El buen engrosamiento que produce, y el no llevar a un exceso de penetración, hacen a este electrodo excelente bajo condiciones pobres de ajuste. Como el arco es de alta estabilidad, los cordones tienen buena apariencia y están relativamente libres de socavación. La escoria puede desprenderse con facilidad.

Los electrodos A.W.S. E 6013 están recubiertos con potasio de alto contenido de titanio, son similares a los E 6012 pero producen menos chisporroteo y tienen a socavar menos, los cordones son de ondulación muy fina. El desprendimiento de la escoria se facilita más y el arco es muy estable, son ideales para soldar metales delgados, el arco es blando y la penetración muy ligera.

ELECTRODOS CON REVESTIMIENTO CELULÓSICO:

Son reconocidos fácilmente porque producen gran cantidad de humo, y tienen olor a papel o a madera quemada al producir el arco.

Los electrodos A.W.S. E 6012 están recubiertos con sodio de alto contenido de celulosa, pueden usarse para soldar en todas las posiciones con corriente continua en polaridad invertida.

El espesor de recubrimiento se mantiene al mínimo con objeto de facilitar la aplicación de la soldadura en las posiciones vertical y sobre-cabeza, pero es suficiente para desarrollar la protección necesaria y lograr un depósito de alta calidad. El arco tiene una característica excavadora que da por resultado una penetración profunda. La escoria que se forma es delgada y se elimina fácilmente.

Los electrodos E 6011 están recubiertos con un potasio de alto contenido de celulosa. Las características son semejantes (al E 6010), pero pueden usarse con corriente alterna y continua.

ELECTRODOS CON REVESTIMIENTO BÁSICO

Los electrodos A.W.S. E 7015 están recubiertos con sodio de bajo contenido de hidrógeno. Fueron los primeros electrodos para corriente continua de polaridad invertida y para todas las posiciones se diseñaron para soldar aceros de alto contenido de azufre y alto contenido de carbono, para obtener un contenido de humedad muy bajo limitan la introducción de hidrógeno en la soldadura. El exitoso desempeño de este electrodo condujo al desarrollo de los tipos E 7016 que tienen un recubrimiento al que se le agregó silicato de potasio, para hacerlo adecuado para corriente alterna. Los electrodos E 7018 son de diseño de bajo hidrógeno y tienen aproximadamente un 30% de hierro pulverizado y también se usan con corriente alterna y continua.

Los minerales de los revestimientos son compuestos como el fluoruro de calcio, carbonato de calcio, silicato de magnesio y aluminio, las aleaciones ferrosas y los agentes aglutinantes, tales como los silicatos de sodio y de potasio. Es-

tos electrodos se citan como electrodos de la cal, la cal es un producto de descomposición de compuestos como el carbonato de calcio.

Algunos de estos productos al quemarse producen vapores irritantes y en algunos casos son tóxicos.

ELECTRODOS QUE APORTAN METAL POR REVESTIMIENTO

Los electrodos A.W.S E 7024 tienen un recubrimiento con 50% de polvo de hierro que ayuda a producir un alto régimen de depósito y las velocidades de aplicación son considerablemente mayores que las de los electrodos 6012, 6013 y

CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

INTRODUCCIÓN:

La soldadura de los metales, conocida desde los tiempos en que fue posible fundir los minerales de hierro, es una operación metalúrgica que aprovecha la gran plasticidad de los materiales férreos y la completa adherencia que se logra entre ellas; cuando después de calentados al color blanco soldante (1400°C), se comprimen fuertemente entre sí.

Todas las operaciones se perfeccionaron con el progreso de las ciencias y con el auxilio de

máquinas adecuadas, haciendo posible la ejecución de muchos trabajos con rapidez y precisión, además de la consabida ventaja económica.

Indudablemente para considerar todos estos aspectos hace falta conocer un poco la estructura interna de la materia y poseer conocimientos elementales de electricidad, los cuales se desarrollan en este cuaderno en forma breve y al alcance de todos.

ELECTRICIDAD

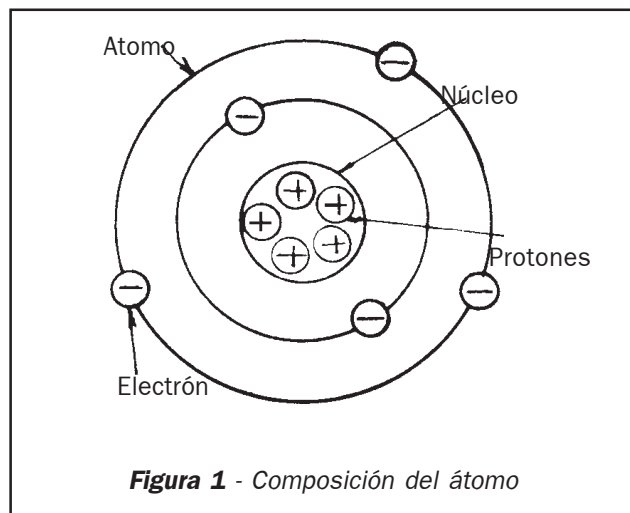
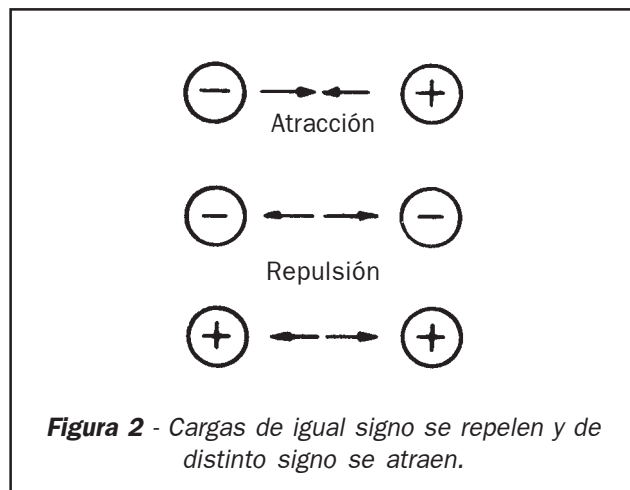
Toda materia, esta formada por pequeñas partículas denominadas moléculas. A su vez estas moléculas están compuestas por una determinada cantidad de partículas más pequeñas, llamadas átomos, dependiendo el número de ellos, y sus características del tipo de materia de que se trata.

El átomo está formado por un núcleo central, alrededor del cual giran velozmente diminutas partículas llamadas electrones. A estos electrones se les asigna convencionalmente carga eléctrica negativa, mientras que a los elementos constitutivos del núcleo, llamados protones, por ser de características opuestas, se les asigna carga eléctrica positiva. Como se ve en la fig.1, la cantidad de protones en el núcleo es igual a la de electrones, que giran a su alrededor.

Se comprobó prácticamente, que cargas eléctricas del mismo signo se repelen, y cargas eléctricas de signo contrario, se atraen (fig. 2).

Los electrones giran alrededor del núcleo describiendo órbitas concéntricas, dependiendo la cantidad de órbitas, como así también de electrones en cada átomo, del material de que se trate.

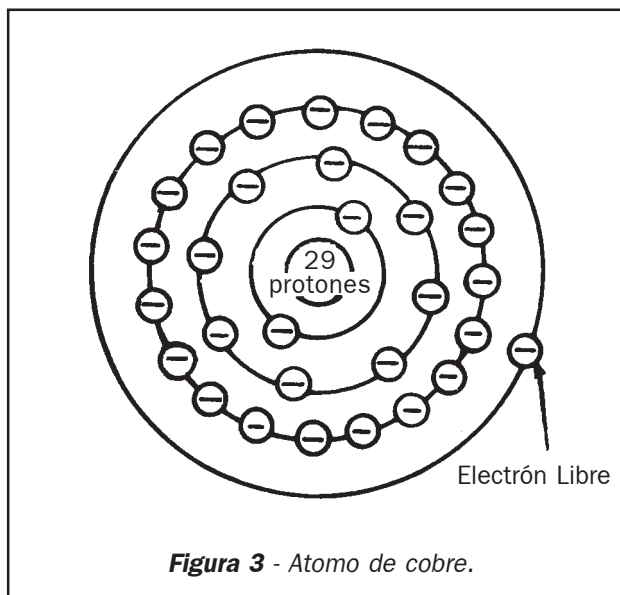
Estos electrones son la base de la electricidad, ya que por medio de ellos se consigue desde obtener luz en una lámpara eléctrica, poner en funcionamiento un motor, o calentar una plancha, hasta hacer trabajar a la maquinaria más compleja.

**Figura 1** - Composición del átomo**Figura 2** - Cargas de igual signo se repelen y de distinto signo se atraen.

Podemos comparar el átomo con nuestro sistema solar, ya que el núcleo ejerce atracción sobre los electrones, así como el sol lo hace, con los planetas.

En los materiales que son buenos conductores de la electricidad, los electrones de la órbita exterior no son atraídos con tanta intensidad como los más cercanos al núcleo, por cuyo motivo a aquellos se les llama «electrones libres».

Por ejemplo: un átomo de cobre, como el ilustrado en la figura 3, tiene 29 protones en el núcleo y 29 electrones girando a su alrededor, el átomo de hidrógeno un protón y un electrón, el de plata 47 protones y 47 electrones, etc.

**Figura 3** - Átomo de cobre.

POTENCIAL ELÉCTRICO

Se llama potencial eléctrico de un cuerpo a la presión existente en el mismo por el exceso o defecto de electrones.

Por ejemplo: Si logramos por algún medio quitarle electrones a un cuerpo y se lo agregamos a otro, nos encontraremos ante lo siguiente: el cuerpo al que le hemos agregado electrones, quedará cargado negativamente, los electrones agregados se repelerán entre sí, creando una presión eléctrica llamada potencial eléctrico negativo. En el otro cuerpo, los átomos que perdieron electrones, ejercen presiones entre sí, para tratar de recuperarlos y retornar a su estado de equilibrio. A dicha presión se la denomina potencial eléctrico positivo.

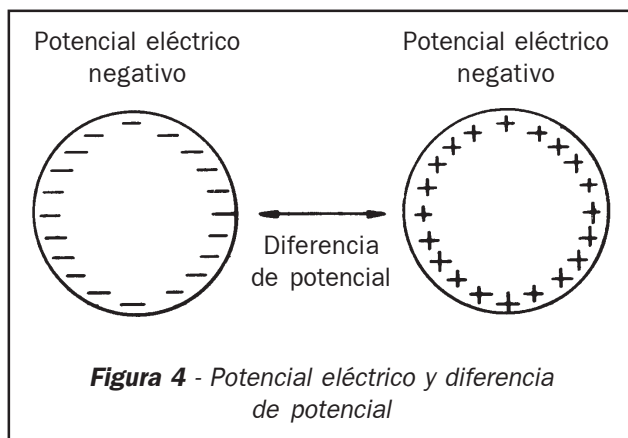
DIFERENCIA DE POTENCIAL O TENSIÓN

En la figura 4, se han representado dos cuerpos, uno de los cuales tiene un exceso de electrones y el otro una falta de ellos, por lo tanto el cuerpo A. presenta un potencial eléctrico negativo y el B. un potencial eléctrico positivo.

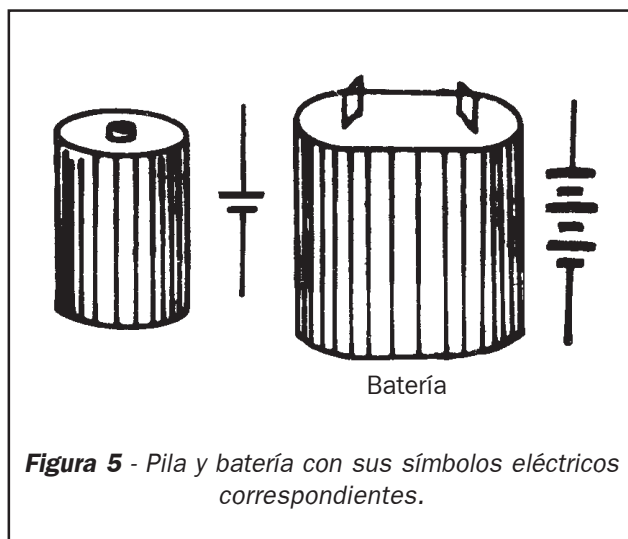
Si comparamos un cuerpo con el otro observamos, que entre ellos existe una «diferencia» que denominamos Diferencia de Potencial, también llamada de tensión.

Resumiendo: tendremos una Diferencia de Potencial, cuando tengamos dos cuerpos, uno con potencial eléctrico negativo y otro con potencial eléctrico positivo.

El valor de la Diferencias de Potencial depende del potencial eléctrico de ambos cuerpos y su unidad de medida es el Volt.



Prácticamente encontramos tensión entre los bornes, de una pila, una batería, o los tomacorrientes de la red de distribución eléctrica, fig. 5.

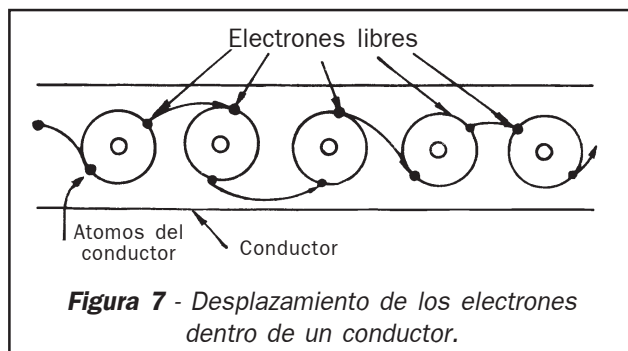
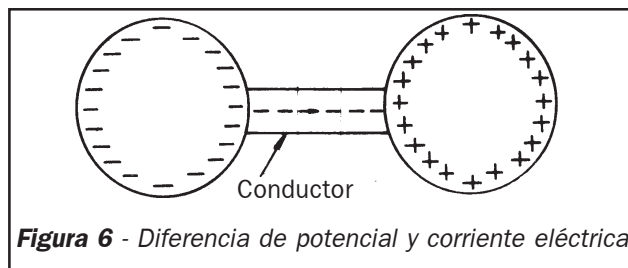


CORRIENTE ELÉCTRICA

Si tenemos dos cuerpos entre los cuales existe una diferencia de potencial, y unimos ambos a través de un cable o conductor eléctrico, fig. 6, sucederá lo siguiente: El borne positivo «roba» al conductor un electrón libre, otro electrón del conductor pasa a ocupar el lugar que dejó vacante el anterior, un tercer electrón pasa al lugar que dejó el segundo, y así sucesivamente, hasta que el borne negativo reemplaza con un electrón suyo al que entró en el borne positivo, fig. 7. Como esto se repite continuamente, y no con un electrón por vez, sino por gran cantidad de estos, podemos apreciar que por el conductor, circulan electrones desde el borne negativo hacia el borne positivo. A esta circulación de electrones la denominamos corriente eléctrica. Resumiendo: La corriente eléctrica en el desplazamiento de electrones a través de un conductor. Se produce siempre de negativo a positivo.

INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Es la cantidad de electrones que pasan por un conductor, en la unidad de tiempo. Su unidad de medida es el Amper.



Decimos que tenemos una Intensidad de corriente de un amper, cuando por un conductor circula una corriente de un Coulomb (6,28 trillones de electrones) en un segundo.

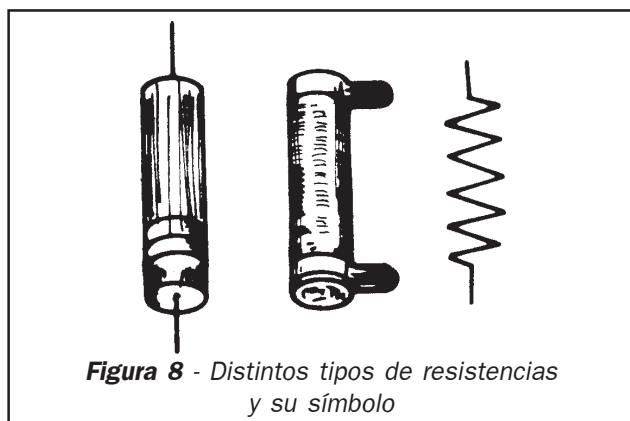
RESISTENCIA ELÉCTRICA

Los electrones, al pasar por un conductor, encuentran cierta oposición por parte del material de que se compone dicho conductor. A esta oposición se la denomina resistencia eléctrica; su unidad es el Ohm (Abreviadamente Ω)

Es importante recordar que la resistencia de un conductor es tanto mayor cuando menor es su sección y mayor su longitud. La resistencia eléctrica depende además del material de que se compone el conductor. En los circuitos eléctricos las resistencias se representan mediante el símbolo mostrado en la fig.8.

En la práctica podemos encontrar valores de tensión, intensidad de corriente y resistencia muy variados, por ese motivo, se utilizan múltiplos o submúltiplos de cada una de las unidades. En la tabla siguiente indicamos aquellos más utilizados.

Tensión	Unidad	Múltiplo	Equivale a:	Submúltiplo	Equivale a la:
	Volt (V)	Kilovolt (KV)	1000 Volt	Milivolt (mV) Microvolt (μ V)	Milésima parte del Volt Millonésima parte del Volt
Intensidad de corriente	Amper (A)			Miliamper (mA) MicroAmper (μ A)	Milésima parte del Amper Millonésima parte del Amper
Resistencia eléctrica	Ohm (Ω)	Kilohm (K Ω)	1.000 Ohm		
		Megohm (M Ω)	1.000.000 de Ohm		



Ya hemos definido las tres magnitudes fundamentales de la electricidad, que son: Tensión (que se abrevia E), Intensidad (que se abrevia I) y Resistencia (que se abrevia R).

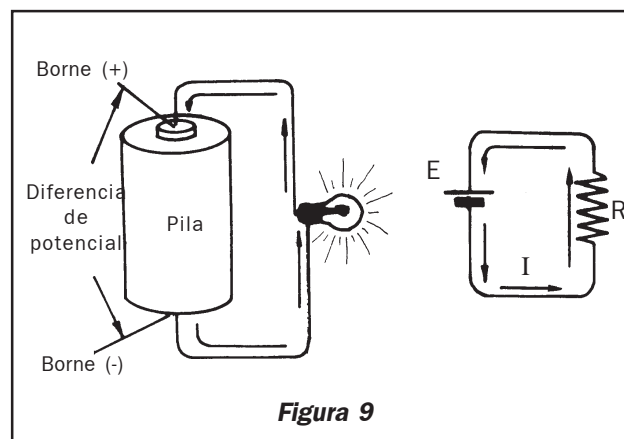
En cualquier circuito eléctrico por elemental, que éste sea, siempre se hallan presentes estas tres magnitudes.

En la fig. 9 se representa el circuito eléctrico más sencillo, pero cuyo comportamiento es idéntico a cualquier otro por complicado que parezca.

En dicha figura observamos una pila a la que se le ha conectado un foquito por medio de dos cables. Analizaremos primero la pila: ésta posee dos salidas una en su parte superior, llamada borne positivo, y otra en su parte inferior o base llamada borne negativo. En dicho circuito, tenemos los 3 elementos fundamentales: la Diferencia de Potencial o Tensión (E) que nos suministra la pila, la Resistencia (R) al paso de la corriente que ofrece el foquito y la Intensidad de corriente (I) que circula por el circuito.

El valor de la Intensidad de corriente circulante, dependerá de la diferencia de potencial entre los bornes de la pila, y del valor de la resistencia interna del foquito. Es fácil advertir, que

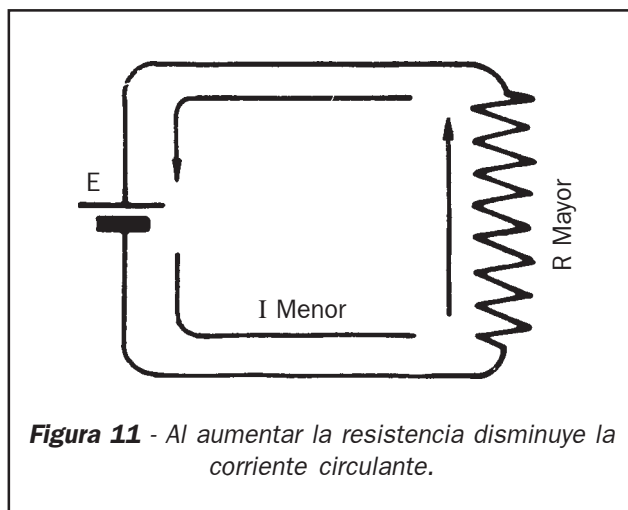
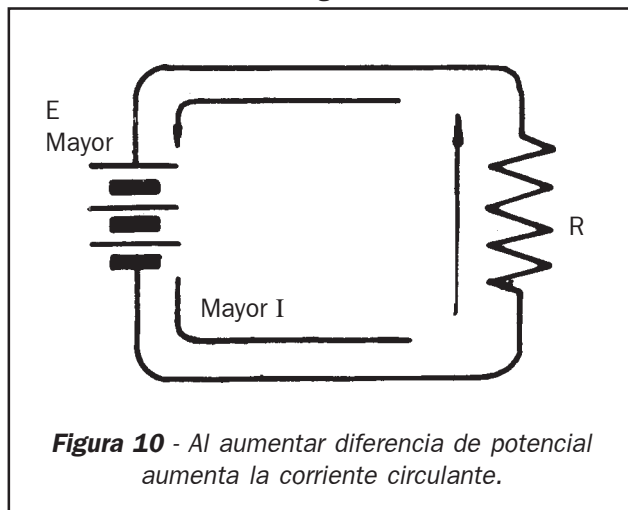
cuanto mayor sea la diferencia de potencial aplicada al circuito, mayor será la Intensidad de corriente que recorra el mismo (fig. 10).



El valor de la Resistencia intercalada en el circuito, en este caso el foquito, también influirá en la cantidad de corriente que circule. Si la Resistencia es pequeña la oposición será menor y la circulación de corriente aumentará, si en cambio la resistencia es de elevado valor, la oposición será grande y la corriente será pequeña (fig. 11).

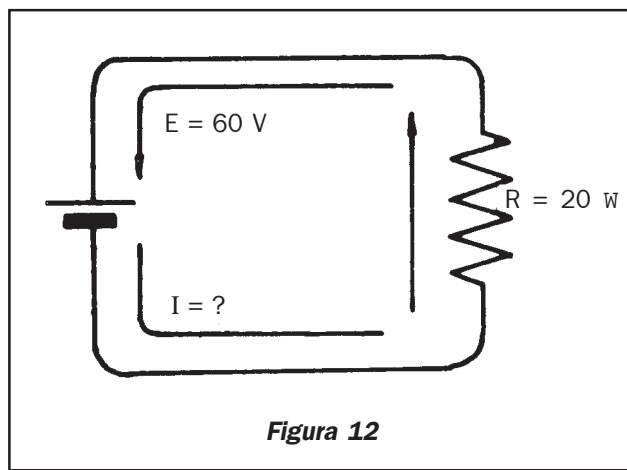
LEY DE OHM

De lo anterior se desprende que las 3 magnitudes fundamentales, de un circuito eléctrico están relacionadas entre sí, existiendo sencillas fórmulas eléctricas que nos permiten, conociendo el valor de dos de ellas, averiguar la tercera.



Si tenemos un circuito como el de la fig. 12 y conocemos los valores de la tensión aplicada, y de la resistencia intercalada en el circuito, podemos averiguar el valor de la intensidad de corriente, dividiendo a la tensión aplicada por el valor de la resistencia intercalada, o sea:

$$\text{INTENSIDAD DE CORRIENTE} = \frac{\text{TENSIÓN APLICADA}}{\text{RESISTENCIA DEL CIRCUITO}}$$



o en forma simplificada:

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

En nuestros ejemplos, reemplazamos las letras, por los valores correspondientes:

$$I = \frac{60 \text{ V}}{20 \text{ w}} = 3 \text{ A}$$

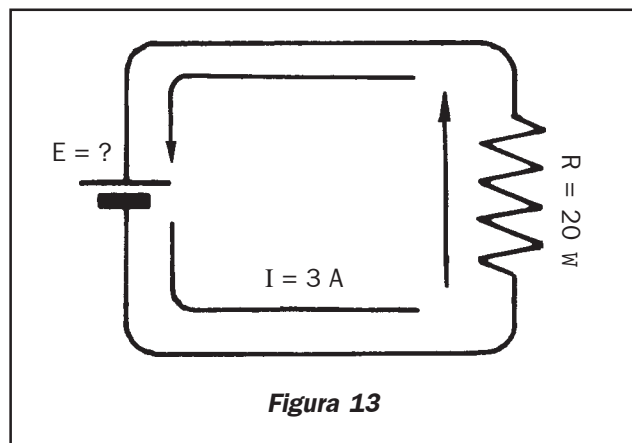
Supongamos ahora que tenemos el mismo circuito, pero que conocemos la intensidad de corriente circulante, y el valor de la Resistencia presente en el circuito y desconocemos el valor de la Tensión aplicada (fig. 13)

Este Tensión se calcula multiplicando a la Intensidad por la Resistencia, o sea.

$$\text{TENSIÓN} = \text{INTENSIDAD} \times \text{RESISTENCIA}$$

o en forma simplificada:

$$E = I \times R$$



En nuestro ejemplo, reemplazamos las letras, por los valores correspondientes:

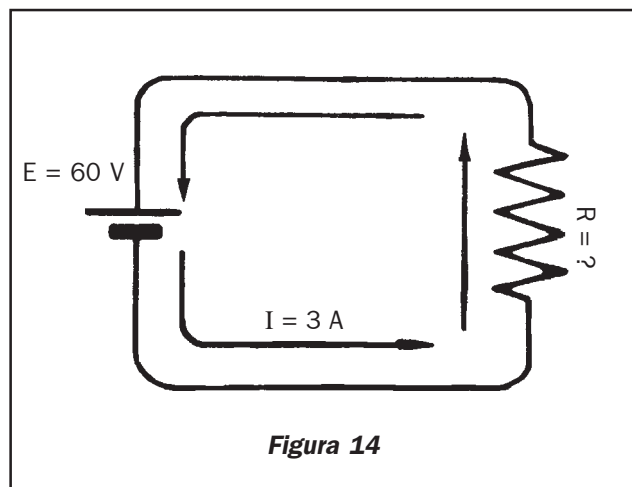
$$E = 3 \text{ A} \times 20 \text{ w} = 60 \text{ Volt}$$

Utilizando el mismo sistema, podemos también averiguar el valor de la resistencia del circuito conociendo las otras dos magnitudes. En este caso, para averiguar el valor de la Resistencia se divide el valor de la Tensión por la Intensidad de corriente, o sea:

$$\text{RESISTENCIA} = \frac{\text{TENSIÓN}}{\text{INTENSIDAD DE CORRIENTE}}$$

Simplificando

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



De acuerdo a la fig. 14 tenemos

$$R = \frac{60 \text{ V}}{30 \text{ A}} = 20 \text{ w}$$

Resumiendo:

Para averiguar una de las tres magnitudes de un circuito conociendo las otras dos, se utilizará la formula correspondiente de acuerdo a la incógnita que se nos presente

Si desconocemos la Intensidad: $I = E/R$

Si desconocemos la Tensión: $E = I \times R$

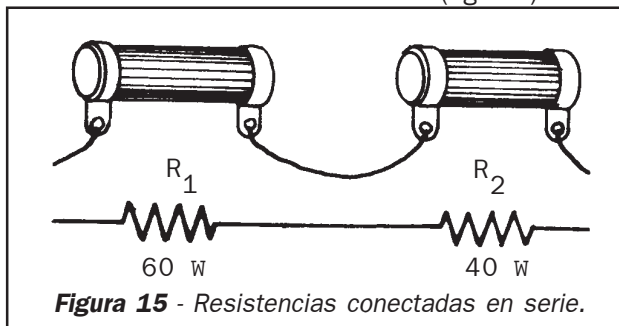
Si desconocemos la Resistencia: $R = E/I$

ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS

Hasta ahora en nuestros ejemplos hemos utilizado como oposición a la corriente del circuito una resistencia, pero en la práctica suelen presentarse circuitos en los que encontramos dos, o más resistencias conectadas entre sí. Básicamente existen dos formas de conectar resistencias que se denominan conexión serie y conexión paralelo.

CONEXIÓN SERIE

Dos o más resistencias están conectadas en serie, cuando se encuentran una a continuación de la otra, y la corriente circulante tiene un solo camino atravesando cada una de ellas (fig. 15)



La oposición total que presentan las resistencias conectadas en serie al pasaje de la corriente es igual a la suma de las resistencias que forman el circuito. Para averiguar el valor de la resistencia total se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

En nuestro ejemplo tenemos:

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 = 60 \text{ W} + 40 \text{ W} = 100 \text{ W}$$

CONEXIÓN PARALELO

Dos o más resistencias están conectadas en paralelo cuando se encuentran unidas por sus extremos, y la corriente encuentra tantos caminos a seguir como resistencias haya en el circuito (fig. 16). En todo circuito paralelo, la resistencia total será siempre menor que la menor de las resistencias que integran el mismo.

En este tipo de circuito la resistencia total se averigua con la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia total} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

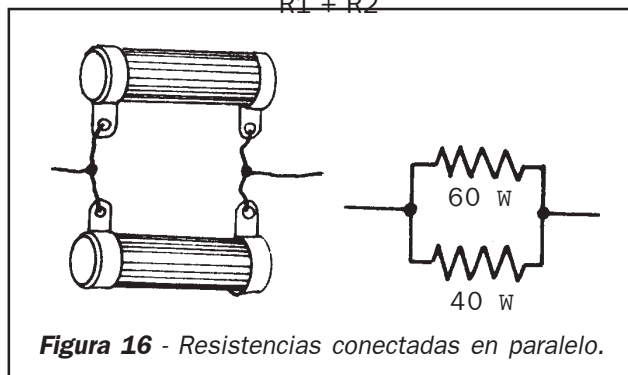


Figura 16 - Resistencias conectadas en paralelo.

En nuestro ejemplo:

$$R_{\text{total}} = \frac{60 \text{ W} \times 40 \text{ W}}{60 \text{ W} + 40 \text{ W}} = \frac{2400}{100} = 24 \text{ W}$$

Si tenemos más de dos resistencias conectadas en paralelo (fig. 17) la forma más sencilla de averi-

guar la resistencia total es utilizar la misma fórmula anterior con dos de ellas, luego el mismo procedimiento con el resultado de las dos anteriores y la tercera y así sucesivamente.

Como ejemplo tenemos.

Se resuelve primero R1 y R2

$$\text{Resistencia parcial} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{30 \text{ W} \times 20 \text{ W}}{30 \text{ W} + 20 \text{ W}} = \frac{600}{50} = 12 \text{ W}$$

Se resuelve luego R parcial y R3

$$\text{Resistencia total} = \frac{R_{\text{parcial}} \times R_3}{R_{\text{parcial}} + R_3} = \frac{12 \text{ W} \times 24 \text{ W}}{12 \text{ W} + 24 \text{ W}} = \frac{288}{36} = 8 \text{ W}$$

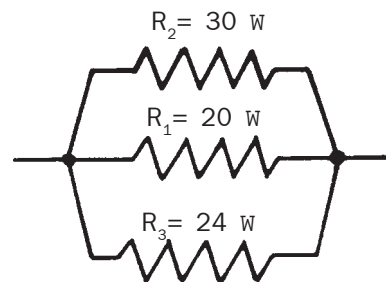


Figura 17 - Ejemplo con más de dos resistencias conectadas en paralelo.

APLICACIÓN DE LA LEY DE OHM EN LOS CIRCUITOS SERIE

Cuando hablamos de la Ley de Ohm lo hicimos basándonos en un circuito eléctrico formado por una pila y una resistencia. Ahora vamos a ver la aplicación de la Ley de Ohm en un circuito formado por una pila y dos resistencias conectadas en serie.

De acuerdo al ejemplo de la fig. 18 tenemos una diferencia de potencial de 200 V y dos resistencias en serie una de 20 W (R1) y otra de 30 W (R2). En este circuito nos faltaría conocer la Intensidad cir-

culante.

Para hallarla tendríamos que utilizar la fórmula que dice:

$$I = E/R$$

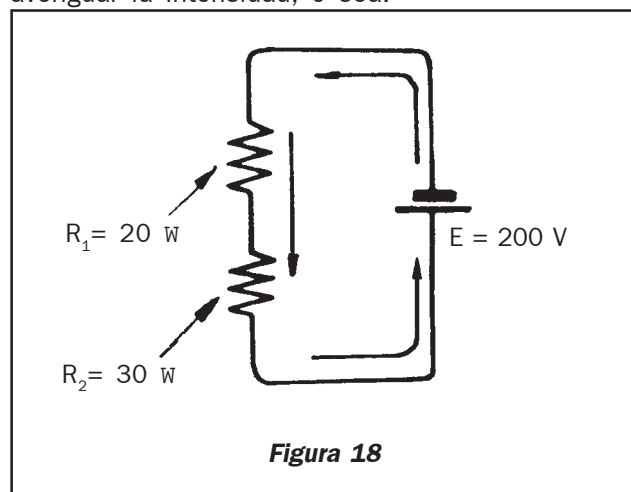
Como no conocemos el valor de la Resistencia total del circuito, el primer paso consiste en averiguar la misma. Para ello utilizamos la fórmula que dice:

$$R_{total} = R1 + R2$$

y en nuestro ejemplo será.

$$R_{total} = 20 \text{ } \Omega + 30 \text{ } \Omega = 50 \text{ } \Omega$$

Una vez conocida la Resistencia total, podemos averiguar la Intensidad, o sea:

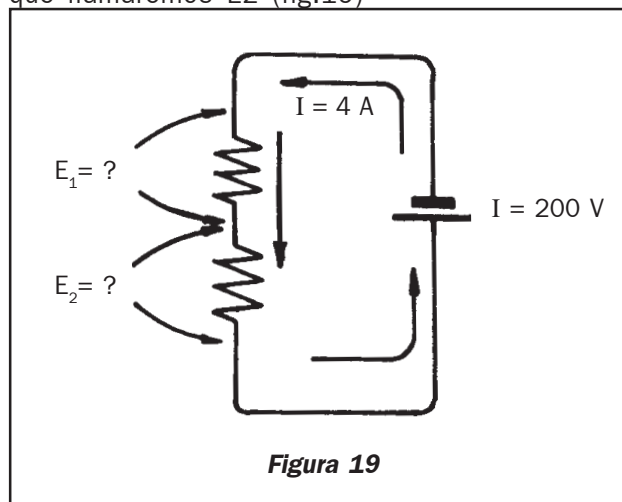


$$I = \frac{E}{R_{total}} = \frac{200 \text{ V}}{50 \text{ } \Omega} = 4 \text{ A}$$

pero ahora que ya conocemos la intensidad que circula por el circuito nos faltaría averiguar qué tensión se encuentra aplicada en cada una de las resistencias, ya que si observamos el circuito, comprobamos que la tensión aplicada es de 200 V, pero no para cada resistencia en particular, ya que esa tensión se repartirá en forma proporcional sobre cada resistencia.

Utilizando la ley de Ohm podemos hallar la Ten-

sión en R1, que llamaremos E1, y la tensión R2 que llamaremos E2 (fig.19)



Antes de proseguir debemos hacer la siguiente aclaración «en todo circuito serie, la Intensidad de corriente es la misma en todos los puntos del mismo». Por lo tanto sabemos que tanto por R1 como por R2 circularán 4 Amper.

Ya que tenemos los datos de la Intensidad, y los valores de cada resistencia, utilizando la fórmula correspondiente de la Ley de Ohm tendremos que la Tensión en R1 será:

$$E = I \times R$$

$$E1 = I \times R1 = 4 \text{ A} \times 20 \text{ } \Omega = 80 \text{ V}$$

Lo mismo para R2

$$E = I \times R$$

$$E2 = I \times R2 = 4 \text{ A} \times 30 \text{ } \Omega = 120 \text{ V}$$

Una vez averiguada la tensión sobre R1 y R2, comprobamos que «en un circuito serie, la suma de las tensiones parciales, es igual a la Tensión aplicada».

En nuestro ejemplo:

$$E1 = 80 \text{ V}$$

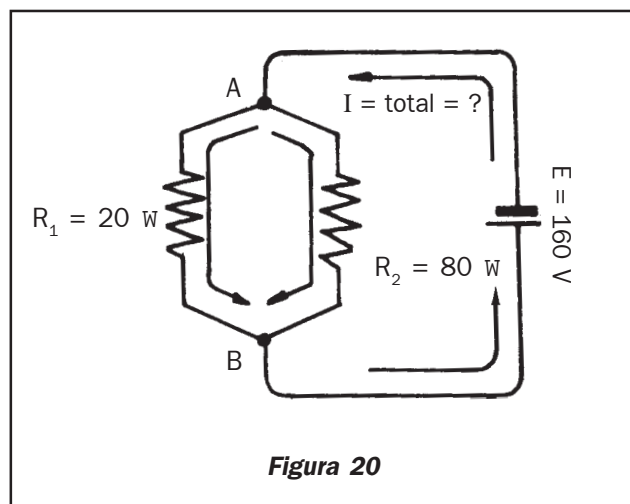
$$E2 = 120 \text{ V}$$

$$E_{total} = 200 \text{ V}$$

APLICACIÓN DE LA LEY DE OHM EN LOS CIRCUITOS PARALELO

Si tenemos un circuito formado por una pila y dos resistencias en paralelo (fig. 20), y conocemos el valor de la Tensión aplicada, y el de las resistencias del mismo, por medio de la fórmula correspondiente a la Ley de Ohm podemos averiguar la Intensidad, o sea

$$I = E/R$$



Pero en este caso analizando el circuito, vemos que la corriente tiene dos caminos a seguir en su recorrido. Observamos que la corriente parte del polo negativo de la pila, y al llegar al punto A se bifurca, pasando una parte por R1 y otra por R2. En el punto B vuelven a unirse y se dirigen al polo positivo de la pila.

De esto deducimos que para averiguar la corriente total que circula por el circuito debemos primero averiguar la Resistencia total, que será:

$$R_{total} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \text{ W} \times 80 \text{ W}}{20 \text{ W} + 80 \text{ W}} = \frac{1600}{100} = 16 \text{ W}$$

Conociendo el valor de la Resistencia total, averiguamos el de la Intensidad total.

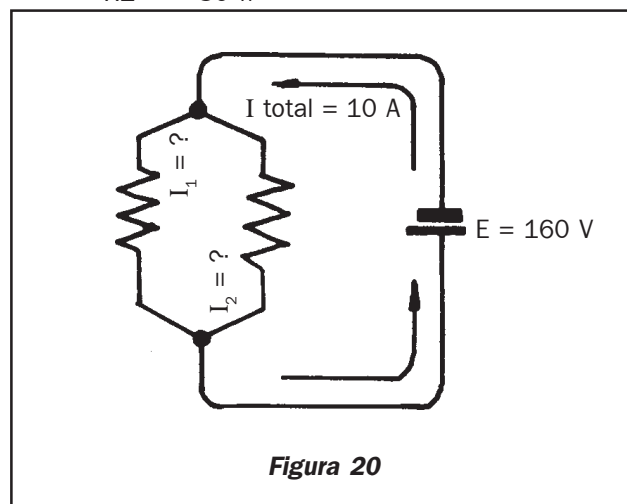
$$I_{total} = \frac{E}{R_{total}} = \frac{160 \text{ V}}{16 \text{ W}} = 10 \text{ A}$$

Sabemos que la Intensidad total del circuito es de 10 Amper, pero lo que no conocemos es que intensidad circula por cada una de las resistencias. Por medio de la Ley de Ohm, también se puede averiguar estas incógnitas, ya que el valor de las resistencias lo conocemos, y también sabemos que en los circuitos paralelo la Tensión aplicada es la misma para todas las resistencias que lo forma. Por lo tanto la Intensidad en R1, será:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{160 \text{ V}}{20 \text{ W}} = 8 \text{ A}$$

En R2

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{160 \text{ V}}{80 \text{ W}} = 2 \text{ A}$$



Una vez calculadas las corrientes en R1 y R2, comprobamos que si las sumamos obtenemos la corriente total.

$$\begin{array}{rcl} I_1 & = & 8 \text{ A} \\ + & & \\ I_2 & = & 2 \text{ A} \end{array}$$

$$I_{total} = 10 \text{ A}$$

Con norma general, podemos decir que. «En todo circuito paralelo, la suma de las intensidades parciales es igual a la intensidad total».

POTENCIA ELÉCTRICA

La potencia eléctrica se mide en Watts. Un Watt equivale al pasaje de 1 Amper al aplicarle a un circuito una diferencia de potencial de 1 V.

Potencia Eléctrica = Tensión x Intensidad

$$W = E \times I$$

$$W = \text{Volt} \times \text{Amper} = \text{WATT}$$

Veamos un ejemplo:

Si tenemos una plancha cuya resistencia permite el pasaje de una intensidad de 3 Amper, y se alimenta con una tensión de 220 V., la potencia eléctrica de la misma la podemos calcular utilizando la fórmula vista, que dice:

$$W = E \times I$$

$$W = 220 \text{ V} \times 3 \text{ A}$$

$$W = 660 \text{ W}$$

TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Hay dos tipos fundamentales de corriente eléctrica: Corriente Continua y Corriente Alternada.

CORRIENTE CONTINUA

Hasta ahora hemos tratado circuitos, en los cuales la corriente eléctrica era siempre continua. Esta se caracteriza porque siempre mantiene el mismo sentido de circulación, y un valor de intensidad constante, que depende de los elementos que forman el circuito. La corriente continua se obtiene de pilas, acumuladores o generadores de corriente continua, denominados dínamos.

En la fig. 22 tenemos un circuito formado por una pila y una resistencia. De acuerdo a lo visto al estudiar la Ley de Ohm, vemos que la intensidad de corriente es de 2 Amper. ya que ella depende del

valor de la tensión aplicada y de la resistencia intercalada en el circuito.

Si estos dos valores permanecen constantes a medida que el tiempo transcurre, el valor de la Intensidad hará lo propio. A la vez, como sabemos que la corriente eléctrica siempre se dirige de negativo a positivo, el sentido de circulación de la corriente será siempre el mismo.

En el gráfico que acompaña a la fig. 22 observamos que a medida que transcurre el tiempo la Intensidad de corriente siempre tiene el mismo valor (2 Amper).

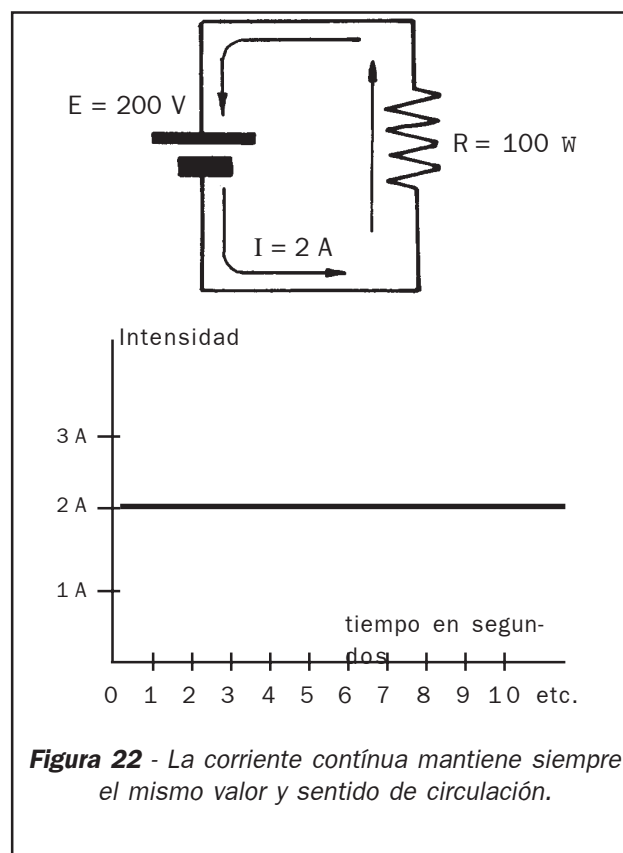


Figura 22 - La corriente continúa mantiene siempre el mismo valor y sentido de circulación.

CORRIENTE ALTERNADA

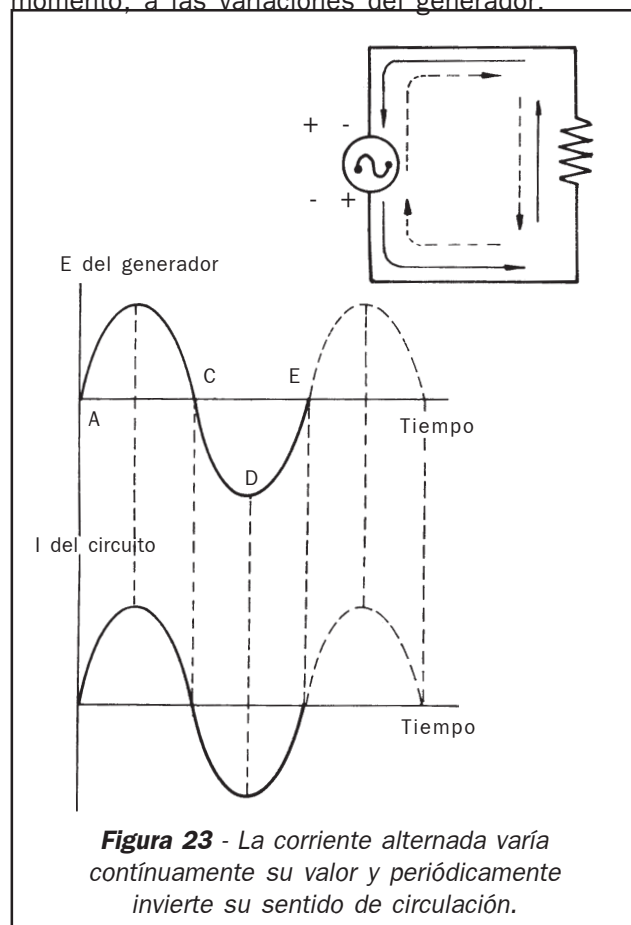
La corriente alternada se caracteriza por variar continuamente su valor, y periódicamente invertir su sentido de circulación.

No debemos interpretar, cuando hablamos de

cambio de sentido de la corriente, que en algún momento esta se dirige de positivo a negativo; lo que ocurre es que los generadores de corriente alternada entregan una tensión que invierte la polaridad periódicamente, por lo tanto la corriente que siempre circula de negativo a positivo se ve obligada a invertir su sentido de circulación, acompañando las variaciones de polaridad del generador.

Estos generadores, además de invertir la polaridad, entregan una tensión cuyo valor varía continuamente. Si la resistencia del circuito permanece constante, la corriente que circulara seguirá las mismas variaciones que la tensión del generador.

Analicemos los gráficos de la fig. 23. En el de la parte superior se ha representado la tensión alterada que entrega el generador y que es la aplicada en el circuito adjunto. En el gráfico inferior, hemos representado la variación de intensidad que circula por el circuito y que acompaña, en todo momento, a las variaciones del generador.



Vemos ahora detalladamente lo que ocurre en el circuito: en el instante que denominamos «A» la tensión aplicada vale cero y por lo tanto la intensidad será nula. En el lapso comprendido desde el punto «A» y hasta el «B» la tensión aplicada va en aumento, y observamos en el gráfico inferior que la intensidad hace lo propio durante el mismo tiempo. A partir del punto «B» la tensión comienza a disminuir, llegando al valor cero en el punto «C». En el gráfico inferior observamos que la intensidad también comienza a disminuir, llegando a cero al mismo tiempo que la tensión. A partir del instante «C» la tensión del generador comienza a aumentar nuevamente, pero ahora lo hace con polaridad inversa con respecto a la anterior, por lo cual se la representa por debajo de la línea de tiempo. Durante el mismo lapso, la intensidad también va en aumento, pero ahora la corriente, se ve obligada a circular en sentido contrario.

Desde el punto «D» hasta el «E» la tensión disminuye nuevamente hasta llegar a cero, realizando la intensidad la misma operación.

Las variaciones de tensión o intensidad que se manifiestan desde el instante «A» hasta el «E» conforman un «ciclo» de la corriente alternada. Este proceso se repite indefinidamente a través del tiempo.

MAGNETISMO

El magnetismo es una propiedad que tienen ciertas sustancias de atraer hierro, acero y otros metales. En la antigüedad ya se conocía esta propiedad en un mineral denominado magnetita, que es lo que comúnmente denominamos imán natural.

En la actualidad los imanes que se encuentran a nuestro alcance son artificiales, ya que el hombre ha logrado fabricarlos, ya sea por contacto con un imán natural, o lo que es más común, por medio de una corriente eléctrica.

Un imán está formado por dos polos, a los que denominamos Norte y Sur, y una parte central a la

que se llama zona neutra. fig. 24.

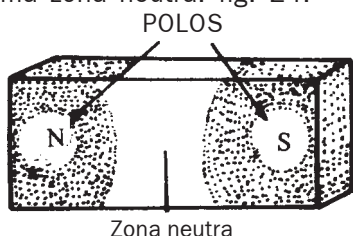


Figura 24 - Un imán está formado por dos polos y una zona neutra.

El poder magnético de los imanes se caracteriza por el campo magnético que existe a su alrededor. Este campo magnético está formado por «líneas de fuerza» imaginarias, que se dice que «salen» del imán por el polo Norte y «entran» al mismo por el polo Sur. fig. 25.

Una Ley que rige los fenómenos magnéticos dice que dos polos del mismo nombre se repelen, mientras que dos polos de distinto nombre se atraen.

fig 26.

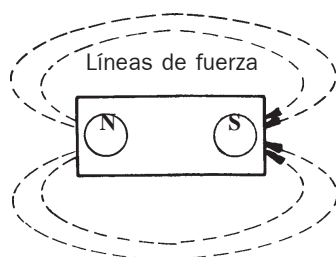


Figura 25 - Campo magnético de un imán.

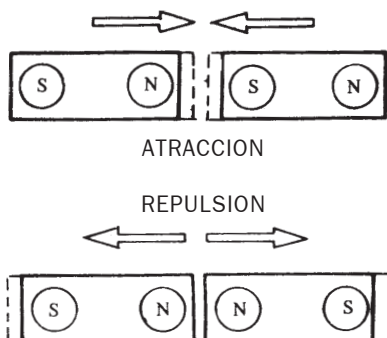


Figura 26 - Polos de igual nombre se repelen y de distinto nombre se atraen.

ELECTROMAGNETISMO

En muchas aplicaciones prácticas los imanes presentan serias limitaciones, la principal es su imposibilidad de modificar el valor de su campo magnético. Son los fenómenos electromagnéticos los que permiten superar el inconveniente mencionado.

Origen del electromagnetismo. La experiencia demuestra que en todo conductor recorrido por una corriente eléctrica, se forma un campo magnético que alrededor del mismo se manifiesta por medio de líneas de fuerza circulares y concéntricas que forman como centro al mismo conductor. fig 27.

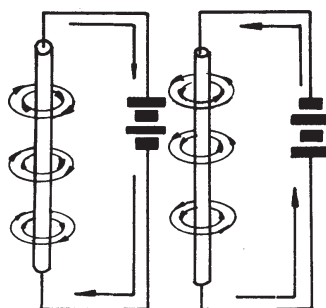


Figura 27 - Campo magnético en un conductor.

Campo magnético de una espira.

Un conductor dispuesto en la forma que muestra la fig 28 constituye una espira. Si se conecta una fuente, al circular corriente, desde la cara frontal de la espira salen líneas de fuerza las que entran por la cara posterior, corresponden así repetidamente los polos norte y sur.

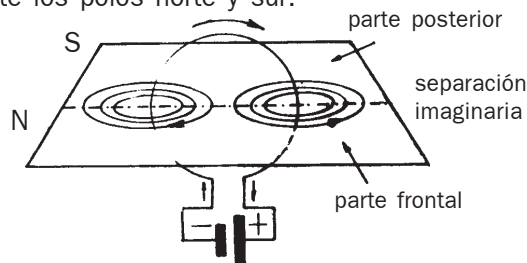


Figura 28 - Campo magnético en una espira. La cara frontal de la espira forma un polo norte (salen las líneas de fuerza), y la cara posterior un polo sur (entran las líneas de fuerza.)

Cabe destacar que si se invierte el sentido de la corriente circulante por la espira también se invertirá la polaridad magnética, por ello, una espira además de comportarse como un imán, puede variar su polaridad con sólo modificar el sentido de la corriente que la recorre.

Campo magnético en una bobina.

Una aplicación práctica del comportamiento magnético de la espira resulta ser una bobina, quien puede considerarse una sucesión de espiras conectadas en serie, tal disposición se observa en la fig 29.

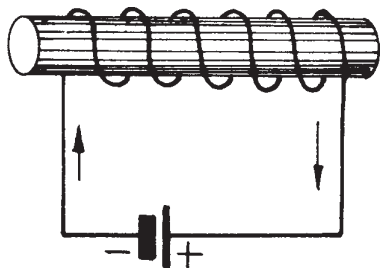


Figura 29 - Una bobina está formada por una sucesión de espiras.

Dado que la corriente guarda el mismo sentido de circulación en cada espira, al comportarse cada una de ellas como un imán, suman sus efectos, de forma tal que en un extremo de la bobina aparece un polo norte y en el extremo opuesto el polo sur fig. 30.

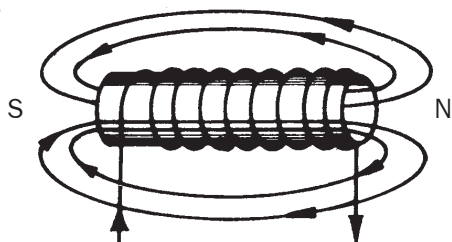


Figura 30 - Campo magnético en una bobina.

Polaridad magnética de una bobina:

Para determinarla se aplica una sencilla regla

práctica que dice: sujetando la bobina con la mano izquierda (figura 31), de forma que los dedos doblados indiquen el sentido en que circula la corriente, el pulgar extendido señala el polo norte de la bobina.

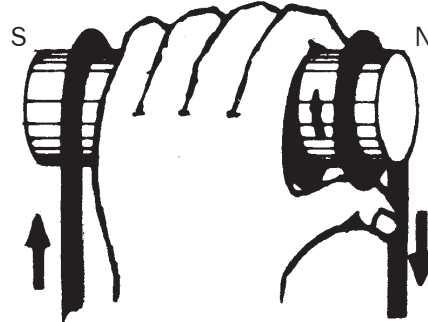


Figura 31 - Método para determinar la polaridad magnética de una bobina.

Inducción electromagnética:

Permite la obtención de corriente eléctrica mediante el desplazamiento de un conductor dentro de un campo magnético. En la fig. 32 se muestran dos experiencias; en la primera el conductor baja cortando perpendicularmente las líneas de fuerza del campo, mientras esto ocurre aparece una corriente en el conductor con sentido tal que parece alejarse del lector. En la segunda experiencia el conductor sube y la corriente inducida se «acerca» al lector.

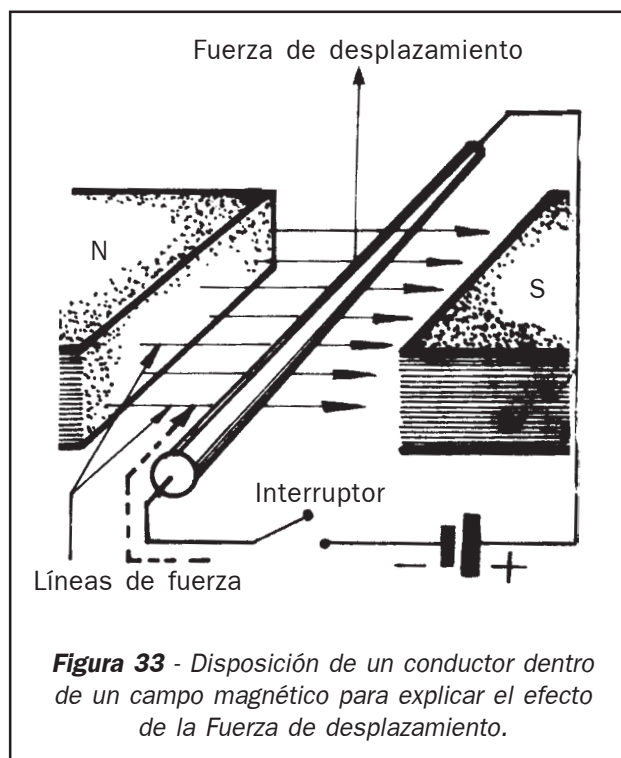
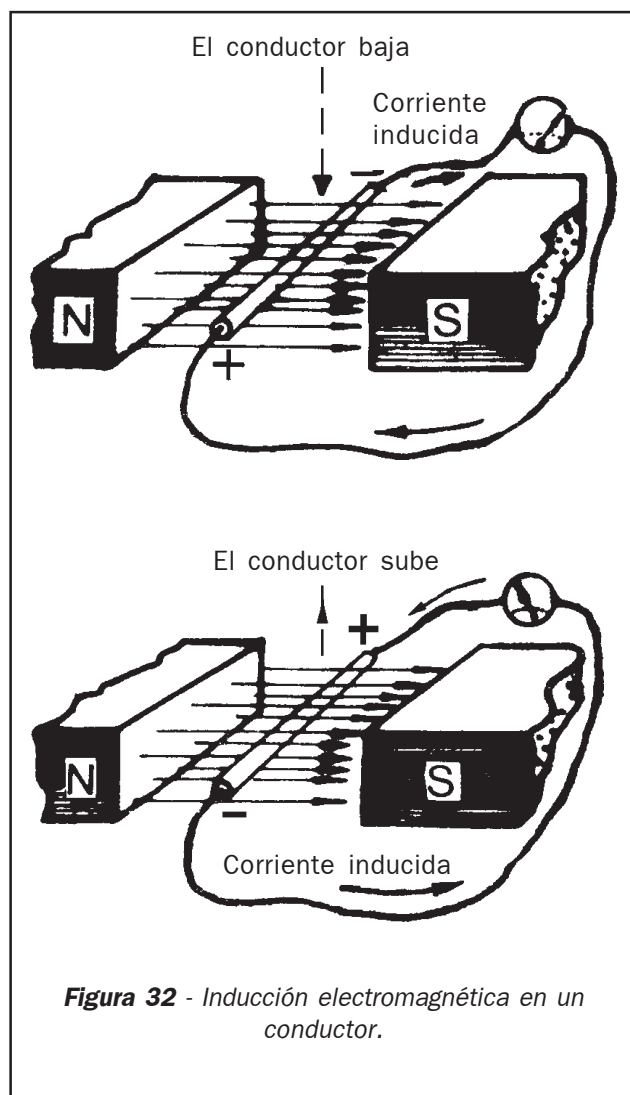
Vale observar que en ambos casos la corriente sale del conductor por el polo negativo y retorna al positivo, esto indica que dicho conductor se comporta como un generador.

El sentido de la corriente inducida, depende del sentido del campo magnético y del sentido de movimiento del conductor, ésto se observa en la fig 32. Para determinarlo existe una regla denominada «de la mano izquierda» para corrientes inducidas.

Fuerza de desplazamiento

Permite lograr el desplazamiento de un conductor cuando el mismo transporta una corriente eléc-

trica, este fenómeno es el principio de funcionamiento de los motores eléctricos, las condiciones básicas se muestran en la fig. 33. Se observa que el conductor está ubicado dentro de un campo magnético, al cerrar el interruptor circula una corriente y el campo magnético del conductor reacciona con el campo de los imanes obligando al conductor a desplazarse hacia arriba. Cabe destacar que el desplazamiento será hacia abajo si invertimos los polos de los imanes o el sentido de la corriente. El valor de la fuerza de desplazamiento depende del flujo de los imanes, de la longitud del conductor y de la intensidad de corriente circulante.



Transformadores

Tienen por misión transferir potencia eléctrica a un circuito sin introducir pérdidas importantes, modificando además los factores de tensión e intensidad. Cuando se aumenta o disminuye el voltaje de un circuito por medio de un transformador, la intensidad de corriente tiende a variar en sentido contrario en la misma proporción.

Principios de funcionamiento: la fig. 34 muestra un transformador elemental, se trata de dos arrollamientos devanados sobre un núcleo de chapas de hierro silicio; el arrollamiento que recibe energía desde la fuente se llama primario, el otro arrollamiento se denomina secundario.

El primario, por estar conectado a la red es recorrido por corriente alterna y produce un campo magnético de iguales características. Dicho campo, a través del núcleo influye sobre el secundario induciendo en el mismo una tensión alterna.

La magnitud de la tensión inducida en el secun-

dario responde a los siguientes principios.

- 1) Si el número de vueltas o espiras del secundario es mayor que las del primario, la tensión secundaria será mayor que la de línea, se trata de un transformador elevador de tensión.
- 2) Si el número de vueltas del secundario es menor que las del primario, la tensión secundaria será menor que la de la línea, se trata de un transformador reductor de tensión.

Ejemplos: si el primario de un transformador tiene 1000 espiras y está conectado a 220 V. CA., llevando el secundario 2000 espiras, la tensión en este será de 440 V. Se tendrá presente que en igual proporción disminuirá la corriente en el secundario, si por ejemplo, la intensidad primaria es 4 amper, en el secundario se reduce a la mitad, 2 amper. fig. 35.

Para el caso de un primario con 1000 espiras y un secundario con 500 espiras, la tensión secundaria se reduciría a la mitad, es decir, 110 volt. Además, la corriente circulante duplica a la del primario. fig. 36.

por tensión se compensa con una menor corriente, dado que la potencia secundaria nunca puede ser mayor que la primaria.

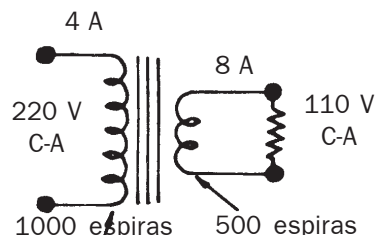
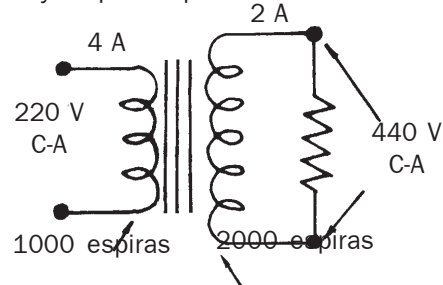
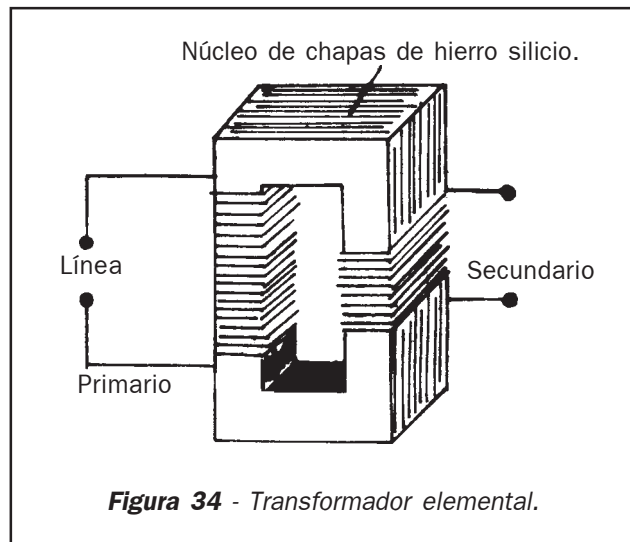


Figura 35 y 36 - En un transformador reductor de tensión, el voltaje secundario disminuye en la misma proporción que aumenta la corriente



Debe recordarse que la potencia eléctrica presente en el circuito secundario es transferida desde el primario, por ello, si en el secundario aparece ma-

En la práctica la potencia secundaria es siempre algo menor que la primaria ya que se producen pérdidas por calentamiento, corriente parásitas en el núcleo, etc.

Autotransformadores

Cuando se necesita disminuir costos de material, como así también espacio y peso, se recurre a los denominados autotransformadores. Poseen un solo arrollamiento con una derivación de forma tal que una parte del bobinado es común al primario y al secundario, tal como se observa en la fig. 37.

GENERADORES DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Cuando hablamos de inducción electromagnéti-

ca, vimos que podíamos «fabricar» corriente eléctrica haciendo desplazar un conductor dentro de un campo magnético. Dicho principio, es la base de funcionamiento de los generadores de corriente eléctrica.

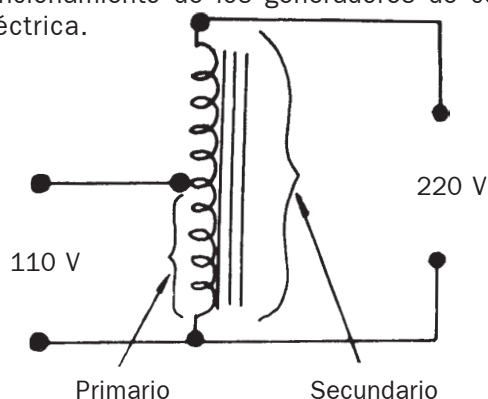


Figura 37 - Autotransformador elevador de tensión.

GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNADA (ALTERNADOR)

Para interpretar correctamente su funcionamiento, nos referimos a la fig. 38 donde se representa un generador elemental de corriente alternada. Puede observarse que se trata de una sola espira capaz de girar dentro de un campo magnético al ser accionada una manivela. Cada extremo de la espira está conectada a un anillo metálico, pudiéndose notar a la vez que cada uno de esos anillos permanecen en contacto con dos láminas metálicas denominadas escobillas, que cumplen la misión de recoger la corriente inducida en la espira, y entregarla en este caso a un instrumento de medida (amperímetro), que permite determinar el valor de la intensidad de corriente inducida en la espira.

Al producirse el giro de la espira, cada uno de sus tramos (lado A y lado B) corta a las líneas de fuerza con sentido contrario, o sea, suponiendo que se impone un giro en el sentido de las agujas del reloj, es evidente que el lado A se desplaza de izquierda a derecha mientras que el lado B lo hace

de derecha a izquierda, recordando que el sentido de la corriente inducida, puede determinarse mediante la aplicación de la regla de la mano izquierda, deducimos que durante los primeros 180° de giro, la escobilla izquierda es positiva y la derecha negativa. Una vez cumplidos los 180° la situación cambia ya que el lado A de la espira comienza a cortar las líneas de fuerza de derecha a izquierda, mientras el lado B las corta de izquierda a derecha, invirtiéndose en consecuencia la polaridad de los anillos. Esto significa que el instrumento será recorrido durante un tiempo por una corriente que desplaza la aguja en un sentido y luego al producirse el cambio de polaridad de los anillos en sentido contrario. De lo anterior deducimos que el generador elemental descrito nos entrega corriente alternada.

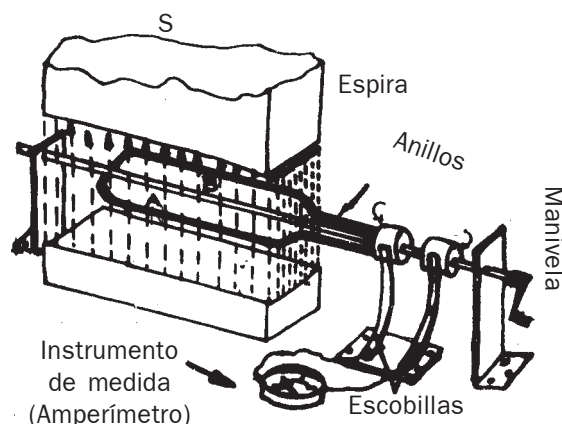


Figura 38 - Generador Elemental de corriente alternada.

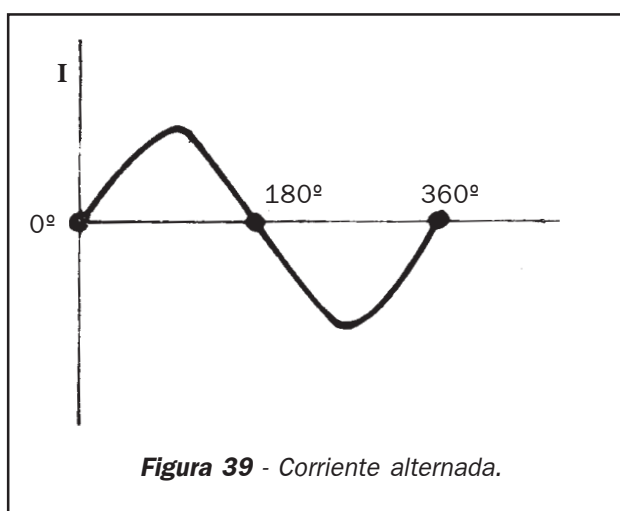
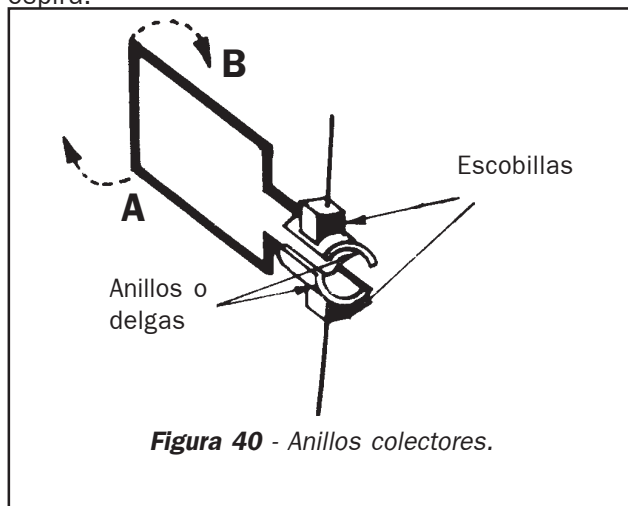


Figura 39 - Corriente alternada.

GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA (DÍNAMO)

Tomando como base el generador elemental de corriente alternada, y mediante un simple artificio podemos obtener corriente continua. En efecto, bastará con utilizar un solo anillo dividido en dos partes aisladas entre sí, cada una de las cuales va conectada a los terminales de cada lado de la espira tal como se muestra en la fig. 40.

Con esta nueva disposición, podemos obtener corriente continua, ya que en la misma medida que gira cada lado de la espira, también lo hace el medio anillo correspondiente, le sugerimos volver a observar la fig.40, haciéndole notar que las escobillas no cambian de posición, haciendo contactos sucesivos con cada medio anillo (denominado delgas), a medida que se produce la rotación de la espira.

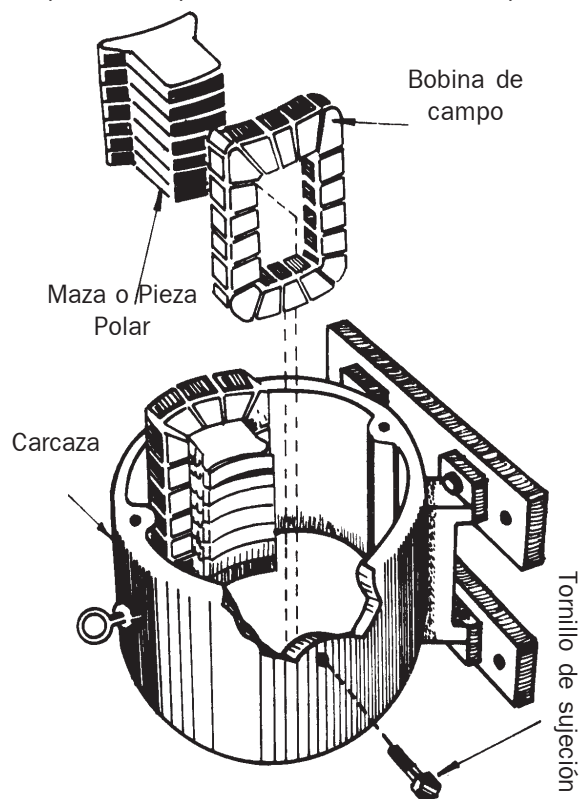


EL INDUCTOR

Si bien al describir la dínamo elemental se señaló al campo de un imán como factor de inducción de corriente sobre el inducido, en los generadores prácticos este campo magnético es producido por un bobinado que se denomina «bobina de campo»

y que recibe energía eléctrica de una fuente exterior, o del mismo generador, dependiendo esto del tipo de dínamo que se trate.

En las dínamos el conjunto inductor es considerado como parte fija de la máquina, razón por la cual también se llama estator. Tal como puede observarse en la fig.41, el estator con sus bobinas de campo forma parte de una estructura de hierro (carcasa) que permite completar el circuito magnético producido por los bobinados de campo.



EL INDUCIDO

Se trata de una de las partes fundamentales de la dínamo, y está formado por el eje, el núcleo, los arrollamientos y el colector.

El eje cumple la doble misión de soportar el resto de los elementos mencionados, y ser el medio mecánico que recibe movimiento desde un motor a explosión, turbina hidráulica, máquina de vapor,

etc.

Los bobinados entregan la corriente inducida al colector, de donde es recogida por las escobillas para luego transferirlas al circuito de utilización. figuras 42 y 42

El tener una idea de funcionamiento y partes componentes de la dínamo, es fundamental en este curso, ya que al estudiar soldadura eléctrica, veremos que la misma puede realizarse por dos métodos; ya sea que se utilice corriente alternada o corriente continua. En el primer caso, se obtiene por medio de transformadores reductores de tensión, mientras que cuando se utiliza corriente continua, se usan máquinas rotativas que están formadas por un motor eléctrico el cual lleva adosada una dínamo. Esta última es la que provee la corriente continua para la soldadura. Actualmente las máquinas rotativas están siendo reemplazadas por rectificadores de corriente, que colocados a la salida de un transformador reductor de tensión, transforman la corriente alternada en continua, simplificando así el equipo y eliminando las partes móviles del mismo.

CORRIENTE ELÉCTRICA TRIFÁSICA

Las Compañías encargadas de la distribución de energía eléctrica, entregan ésta normalmente en el sistema trifásico denominado «en estrella». Como se observa en la fig. 44 este sistema de distribución está formado por 4 conductores, llamándose a tres de ellos fase R, fase S y fase T y al cuarto conductor se lo denomina neutro. Entre cada una de las fases y el conductor neutro existe una tensión de 220V., mientras que la tensión entre dos fases, cualquiera sean éstas es de 380V.

Existe otro sistema de distribución de energía eléctrica trifásica denominado «en triángulo». En este sistema se utilizan solamente tres conductores, denominados de fase (R,S,T). Como se observa en la fig. 45 entre dos cualquiera de sus fases la tensión existente, es de 220 V. Prácticamente a la distribución en estrella se la denomina 3 x 380V, mientras que a la distribución triángulo se la llama 3x220V.

