

CURSO DE SOLDADURA ELECTRICA

PROCESO SMAW. BAJO NORMAS DE COMPETENCIAS LABORALES



CONTENIDO

- ❖ HISTORIA DE LA SOLDADURA
- ❖ PROCESOS DE SOLDADURA
- ❖ CORRIENTE ELECTRICA
- ❖ FUENTES DE PODER
- ❖ POLARIDADES
- ❖ EL PROCESO SMAW
- ❖ TIPOS DE JUNTAS
- ❖ SIMBOLOGIA EN LA SOLDADURA
- ❖ LOS ELECTRODOS (Clasificación)
- ❖ METALURGIA Y SOLDADURA
- ❖ PARÁMETROS PARA SOLDAR
- ❖ POSICIONES A SOLDAR
- ❖ SEGURIDAD Y SALUBRIDAD

PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Calderas. | <input type="checkbox"/> Líneas Hidráulicas |
| <input type="checkbox"/> Hornos | <input type="checkbox"/> Líneas Neumáticas |
| <input type="checkbox"/> Hidroeléctricas | <input type="checkbox"/> Maquinaria Industrial |
| <input type="checkbox"/> Termoeléctricas | <input type="checkbox"/> Equipos para Laboratorio |
| <input type="checkbox"/> Plantas Petroquímicas | <input type="checkbox"/> Recipientes a Presión |
| <input type="checkbox"/> Plantas de Proceso | <input type="checkbox"/> Mezcladoras |
| <input type="checkbox"/> Soldaduras de Tuberías | <input type="checkbox"/> Despulpadoras |
| <input type="checkbox"/> Estructuras Metálicas | <input type="checkbox"/> Autoclaves |
| <input type="checkbox"/> Tanques para Alta Pres. | <input type="checkbox"/> Zarandas |
| <input type="checkbox"/> Redes Contra Incendio | <input type="checkbox"/> Soldaduras de Mto. Ind. |
| <input type="checkbox"/> Redes para Gas | <input type="checkbox"/> Soldaduras de Producción |

FIGAR CONSTRUCCIONES LTDA

FIGAR CONSTRUCCIONES LTDA
FIGAR CONSTRUCCIONES LTDA



CURSO INTEGRAL DE SOLDADURA

BAJO NORMAS DE COMPETENCIAS LABORALES

PROCESO SMAW

**SOLDEO POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO
MANUAL REVESTIDO**

**DIRIGIDO A:
ESTUDIANTES APRENDICES
OPERARIOS DE PRODUCCIÓN
MECÁNICOS DE MANTENIMIENTO
INSPECTORES DE CALIDAD
INGENIEROS DE PRODUCCIÓN
SUPERVISORES DE SOLDADURA**

**FIDEL GARCÍA NAVARRO
INSTRUCTOR TÉCNICO**

BOGOTÁ DC AGOSTO DE 2005



CONTENIDO DEL PROGRAMA

1. PROLOGO (Pg – 8)
 2. HISTORIA DE LA SOLDADURA: (Pg – 9)
 3. EL TALLER DE SOLDADURA (Pg – 9)
 4. PRIMERO LA SEGURIDAD (Pg – 10)
 5. DEFINICIÓN DEL TERMINO SOLDADURA (Pg – 3)
 6. FACTORES A CONSIDERAR ANTES DE (Pg – 3)
ELEGIR EL PROCESO DE SOLDADURA
 7. LAS DIFERENCIAS ENTRE SOLDADURAS DE MTO. Y PRODUCCIÓN (Pg – 4)
 8. PROCESOS DE SOLDADURA MAS COMUNES EN LA IND. METAL Mca. (Pg-4)
 9. PROCESO DE SOLDADURA Y CORTE OXICOMBUSTIBLES (OFW) (Pg-5)
 10. PROCESO DE SOLDADURA SMAW (E. REVESTIDO) (Pg-6)
 11. PROCESO DE SOLDADURA GTAW (TIG) (Pg-6)
 12. PROCESO DE SOLDADURA GMAW (MIG) (Pg-7)
 13. FUNCION DE LOS GASES DE PROTECCIÓN EN LOS PROCESOS DE
SOLDADURA (GTAW y GMAW) (Pg-8)
 14. GASES DE PROTECCIÓN (Pg-8)
 15. LA SOLDADURA Y LA ENERGIA (Pg-8)
 16. QUE ES ENERGIA (Pg-9)
 17. ORIGENES DE LA ENERGIA (Pg-9)
 18. CLASES DE ENERGIA (Pg-9)
 19. TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGIA (Pg-9)
 20. QUE ES ENERGIA ELECTRICA (Pg-10)
 21. ATOMOS Y MOLÉCULAS (Pg-10)
 22. PROTONES NEUTRONES Y ELECTRONES (Pg-10)
 23. CONDUCTORES DE ENERGIA (Pg-11)
 24. PROPIEDADES DE LA ENERGIA ELECTRICA (Pg-12)
 25. QUE ES EL VOLTAJE (Pg-12)
 26. QUE ES EL AMPERAJE (Pg-12)
 27. QUE SON LOS VATIOS (Pg-12)
 28. LEY DE OHM (Pg-12)
 29. TRIANGULO DE OHM (Pg-13)
 30. CLASES DE CORRIENTE Y SUS ORIGENES (Pg-13)
 31. CORRIENTE ALTERNA (CA) (Pg-13)
 32. VENTAJES DE LA CORRIENTE ALTERNA (Pg-14)
 33. COMO SE EVITA EL SOPLO MAGNETICO (Pg-14)
 34. CORRIENTE CONTINUA (CC) (Pg-14)
 35. VENTAJAS DE LA CORRIENTE CONTINUA (Pg-14)
 36. LA CORRIENTE CONTINUA CON POLARIDAD POSITIVA (Pg-15)
 37. CLASES DE POLARIDAD (Pg-15)
 38. POLARIDAD DIRECTA (Pg-15)
 39. POLARIDAD INVERTIDA (Pg-15)
 40. CONDUCTORES SEMICONDUCTORS Y AISLANTES (Pg-16)
 41. EL ARCO ELECTRICO (Pg-16)
-



CONTENIDO DEL PROGRAMA

42. COMPONENTES DEL ARCO ELECTRICO (Pg-17)
 43. COMO SE GENERA EL ARCO ELECTRICO (Pg-17)
 44. FUENTES DE PODER DE CORRIENTE CONSTANTE (Pg-18)
 45. CICLO DE TRABAJO NOMINAL DE UNA FUENTE DE PODER (Pg-18)
 46. CLASES DE MAQUINAS DE SOLDAR (ESTATICAS Y ROTATIVAS) (Pg-19)
 47. MAQUINAS TRANSFORMADORAS DE CORRIENTE ALTERNA (Pg-19)
 48. MAQUINAS TRANSFORMADORAS RECTIFICADORAS DE CA y CC. (Pg-20)
 49. TIPOS DE DIODOS (Pg-21)
 50. QUE SON LOS CIRCUITOS INTEGRADOS (Pg-21)
 51. MAQUINAS DE SOLDAR ROTATIVAS (Pg-21)
 52. GENERADORES ELÉCTRICOS CONVERTIDORES (Pg-21)
 53. GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA (Pg-22)
 54. MOTOGENERADOR DE COMBUSTIÓN (Pg-22)
 55. CABLES RECOMENDADOS, LOS ELECTRODOS (Pg-23)
 56. ELECTRODOS NO METALICOS (Pg-23)
 57. ELECTRODOS METALICOS (Pg-23)
 58. ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS (Pg-24)
 59. ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS QUE NO APORTAN (Pg-24)
 60. ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS QUE APORTAN (Pg-24)
 61. ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS QUE APORTAN EN LOS PROCESOS:
OFW, GTAW, GMAW, FCAW, SAW. (Pg-25)
 62. ELECTRODOS METALICOS REVESTIDOS (Pg-25)
 63. ELECTRODOS METALICOS REVESTIDOS NO FERROSOS (Pg-25)
 64. ELECTRODOS METALICOS REVESTIDOS FERROSOS (Pg-25)
 65. CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS SEGÚN LA AWS-D 5.1 (Pg-26)
 66. PARTES DE UN ELECTRODO REVESTIDO (Pg-27)
 67. FUNCIONES DEL NÚCLEO (Pg-27)
 68. FUNCIONES DEL REVESTIMIENTO (Pg-28)
 69. FUNCION MECANICA
 70. FUNCION ELECTRICA
 71. FUNCION METALURGICA
 72. FUNCION PROTECTORA
 73. FUNCION TERMICA
 74. GRUPOS DEL REVESTIMIENTO (Pg-28)
 75. GRUPO ELECTRICO (Pg-29)
 76. GRUPO METALÚRGICO (Pg-29)
 77. GRUPO FISICO (Pg-29)
 78. CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS DE ACUERDO AL
COMP. QUI. (Pg-30)
 79. COMPUESTOS ORGANICOS (Pg-30)
 80. COMPUESTOS INORGÁNICOS (Pg-30)
 81. CELULOSICOS SODICOS (Pg-30)
 82. RUTILICOS SODICOS (Pg-31)
 83. RUTILICOS POTASICOS (Pg-31)
-



CONTENIDO DEL PROGRAMA

84. BAJO HIDRÓGENOS (Pg-31)
 85. CELULOSA SODIO POLVO DE HIERRO (Pg-31)
 86. CELULOSA SODIO (Pg-31)
 87. CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS
DE ACUERDO A SU APLICACIÓN (Pg-32)
 88. ATMÓSFERA PROTECTORA DE LOS COMPUESTOS ORGANICOS (Pg-32)
 89. ATMÓSFERA PROTECTORA DE LOS COMPUESTOS INORGÁNICOS (Pg-32)
 90. COMPUESTOS QUÍMICOS EN EL REVESTIMIENTO (Pg-32)
 91. METALES PULVERIZADOS (Pg-32)
 92. ELEMENTOS DESOXIDANTES (Pg-33)
 93. ELEMENTOS DE ALEACIÓN EN LOS REVESTIMIENTOS (Pg-33)
 94. MINERALES EN EL REVESTIMIENTO (Pg-33)
 95. CONSTITUYENTES BÁSICOS EN EL REVESTIMIENTO (Pg-33)
 96. QUE PAPEL DESEMPEÑAN LAS FERROALEACIONES Y LOS COMPUESTOS
QUÍMICOS EN LOS ELECTRODOS (Pg-33)
 97. ESTABILIZADORES DEL ARCO ELECTRICO (Pg-34)
(EL SODIO Y EL POTASIO)
 98. PROTECTORES DEL ARCO ELECTRICO
 99. CONDUCTORES DEL ARCO ELECTRICO
 100. DESOXIDANTES Y ENDURECEDORES
 101. ANTICORROSIVOS Y ALEANTES TERMICOS (Pg-34)
 102. DESIGNACIÓN DE LOS ELECTRODOS POR LA AWS-D 5.1 (Pg-35)
 103. TABLA DE ELECTRODOS DEL TIPO E-60 (Pg-35)
 104. TABLA DE ELECTRODOS DEL TIPO E-70 (Pg-35)
 105. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO SMAW (Pg-36)
 106. TIPOS DE SUELDAS BASICAS (Pg-36)
 107. PARTES BÁSICAS DE UNA UNION EN FILETE (Pg-37)
 108. PARTES BASICAS DEUNA UNION A TOPE CON BISEL (Pg-37)
 109. SUELDAS A FILETE (Pg-37)
 110. SUELDAS A TOPE (Pg-38)
 111. POSICIONES BASICAS DEL SOLDEO (Pg-38)
 112. POSICIONES DE LA SOLDADURA (Pg-38)
 113. POSICIÓN PLANA (Pg-38)
 114. POSICIÓN HORIZONTAL (Pg-39)
 115. POSICIÓN VERTICAL (Pg-39)
 116. POSICIÓN SOBRE CABEZA (Pg-40)
 117. CLASIFICACION DE UNIONES (Pg-40)
 118. CLASIFICACION GENERAL DE JUNTAS (Pg-41)
 119. DISEÑO DE JUNTAS O BISELES (Pg-41)
 120. TABLA DE JUNTAS CON BISELE O CHAFLAN (Pg-41)
 121. SIMBOLOGÍA DE LA SOLDADURA (Pg-42)
 122. PARTES DEL SÍMBOLO DE SOLDADURA (Pg-42)
-



CONTENIDO DEL PROGRAMA

123. **FUNCION DE LOS ELEMENTOS DEL SÍMBOLO DE SOLDADURA (Pg-42)**
 124. **TABLA DEL SÍMBOLO DE SOLDADURA (Pg-43)**
 125. **SIMBOLOGIA DE LAS UNIONES SOLDADAS (Pg-43)**
 126. **PROCEDIMIENTO PARA EMPEZAR A SOLDAR. (Pg-44)**
 127. **ENCENDIDO Y CONTROL DEL ARCO (Pg-44)**
 128. **TÉCNICAS DE ENCENDIDO DEL ARCO (Pg-44)**
 129. **TÉCNICA DE ENCENDIDO POR RASTRILLADO (Pg-44)**
 130. **TÉCNICA DE ENCENDIDO POR GOLPETEO (Pg-45)**
 131. **QUE ES UN CORDÓN DE SOLDADURA (Pg-45)**
 132. **COMO DEPOSITAR UN BUEN CORDÓN DE SOLDADURA (Pg-46)**
 133. **PRIMEROS EJERCICIOS DE SOLDAURA PARA DOMINAR EL ARCO (Pg-46)**
 134. **PRACTICAS DE PUNTEADO (Pg-47)**
 135. **TÉCNICA PARA APLICAR UN CORDÓN DE SOLDADURA (Pg-47)**
 136. **MOVIMIENTOS DE OSCILACIÓN (Pg-47)**
 137. **SOLDABILIDAD (Pg-48, 49)**
 138. **ZONAS AFECTADAS POR EL CALOR (Pg-50)**
 139. **CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL ACERO (Pg-51, 52)**
 140. **TEMPLE, NORMALIZADO, RECOCIDO, CRISTALIZACION (Pg-53)**
 141. **CLASIFICACION DE LOS ACEROS AL CARBONO (Pg-54)**
 142. **ALCANCES, PROCESOS, COMPOSICIÓN QUÍMICA (Pg-55)**
 143. **PROPIEDADES FÍSICAS, (Pg-56)**
 144. **VARIACIONES PRMISIBLES (Pg-56)**
 145. **TRATAMIENTOS TERMICOS (Pg-56)**
 146. **IDENTIFICACIÓN DE LOS ACEROS DE BAJO CONT. CARBON (Pg-56)**
 147. **ACEROS DULCES, ACEROS DE BAJA ALEACION (Pg-56)**
 148. **ACEROS DE MEDIANO CONT. CARBONO (Pg-56)**
 149. **FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN (Pg-57)**
 150. **MANGANESO, NIQUEL, CROMO (Pg-57)**
 151. **MOLOBDENO, VANADIO, SILICIO (Pg-58)**
 152. **CLASIFICACION DE LOS ACEROS DE BAJA ALEACIÓN (Pg-58)**
 153. **ACEROS PARA TRABAJOS DE ALTA TEMPERATURA (Pg-59)**
 154. **ACEROS DE ALTA ALEACIÓN (Pg-60)**
-



PROLOGO

Bienvenido al Proceso SMAW., SOLDADURA ELECTRICA CON LELECTRODO MANUAL REVESTIDO, Proceso Industrial más usado en la Industria Metal-Mecánica.

Este MANUAL TECNICO está dirigido a Operarios Empíricos, Aprendices, Soldadores no Calificados, Personal de Producción, Controles de Calidad, Supervisores de Producción y Mantenimiento, Inspectores de Soldadura, Ingenieros Metal-mecánicos, Ingenieros Civiles y toda Persona que de alguna manera esté vinculada o tenga responsabilidad con respecto a la Soldadura, la Metal-mecánica y toda Construcción Soldada.

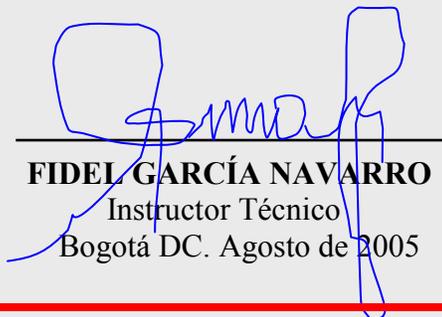
El Curso de Soldadura Eléctrica con Electrodo Manual Revestido para Mantenimiento le da las variables esenciales para Construir y Recuperar Objetos Metálicos, Aplicar de forma Técnica Cordones de Soldadura de alta Calidad tanto en el Taller Metal-Mecánico, como en los montajes industriales, Construcción de Plantas Petroquímicas, Plantas Termoeléctricas, Calderas de Potencia, Hornos, Plantas de Proceso para Alimentos y Maquinaria Industrial.

La tecnología aquí Impresa le enseñará los datos Técnicos y consejos prácticos basados en Normas de Competencias Laborales. Esta Información Técnica sumada a su habilidad y Experiencia le dará como resultado una mejor Operación del Proceso.

El Manual de Soldadura Eléctrica Con Electrodo Revestido contiene las instrucciones y consejos Prácticos de Aprendizaje para adquirir paso a paso los Conocimientos Técnicos sobre la Función y Operación del Equipo de Soldadura, la Forma Practica de Operación y los Parámetros para la Aplicación de todo tipo de Soldadura Manual Revestida, con la mayor Seguridad y Economía posibles.

Los Asensos Laborales se obtienen a través de las Calificaciones adquiridas por las partes Cualitativa y Cuantitativa de nuestras Funciones, y estas se adquieren a través de la Capacitación, Experiencia, metas adquiridas, Entrega y por sobre todo, Amor a nuestra Profesión .

La decisión que Usted acaba de tomar es la más Acertada, ya que la mejor inversión que un ser humano puede hacer en su vida es la de Capacitarse, por lo tanto en nombre de nuestra Institución y el mío propio, lo Felicitamos y le deseamos ; Éxitos en sus Estudios ;.


FIDEL GARCÍA NAVARRO
Instructor Técnico
Bogotá DC. Agosto de 2005





HISTORIA DE LA SOLDADURA:

Soldar es el proceso de unir o juntar metales. Aunque los métodos antiguos para soldar tienen poca o ninguna semejanza con las técnicas modernas, tanto los procesos antiguos como los modernos se clasifican en las dos siguientes categorías:

El primer tipo de soldadura consiste en calentar dos piezas de metal hasta que se derriten y se funden entre sí. A esto se le llamó **soldadura por fusión**.

El segundo tipo de soldadura consiste en calentar los metales hasta una temperatura inferior a su punto de fusión y unirlos con un metal de aporte fundido, o calentar los metales hasta que están blandos para martillarlos o unirlos a presión entre sí. Este se llama **soldadura sin fusión**.

El método más antiguo para unir metales se basaba en calentar dos piezas de metal en una fragua hasta que estaban blandas y flexibles. Después se martillaban o forjaban las piezas entre sí o en un yunque y se dejaban enfriar y endurecer; este proceso rara vez se emplea en la actualidad. Este método comenzó a utilizarse alrededor del año 1900. y se denomina **Soldadura por Forja**

A inicios del siglo XX se popularizó otro método para unir metales: La **soldadura por vaciado**. Ni la forja ni la soldadura por vaciado resultaron muy prácticas.

En la actualidad la **AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS)** tiene más de 90 procesos de soldadura, y de estos Los dos procesos principales por fusión son: el OFW y el SMAW. la soldadura **Oxicombustible** y **LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO** .

El proceso Oxi-combustible se subdivide en dos grupos a saber:

- SOLDADURA Y CORTE TERMICO

EL proceso de soldadura Eléctrica se subdivide en dos grupos a saber:

- SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO
- SOLDADURA CON ALAMBRE Y GAS DE PROYECCION

EL TALLER DE SOLDADURA

Está compuesto por un área Física, Equipada de Instalaciones Eléctricas, Hidráulicas y Pneumáticas para la realización de las Funciones Metal-Mecánicas, en donde conserva un espacio para la parte Administrativa y otro para la de Producción.

Dentro de dichas Instalaciones encontramos Equipos y Maquinaria Industrial, Materiales de Construcción, Accesorios para la Construcción de Equipos y Maquinaria Industrial, herramientas Eléctricas, Mecánicas, Pneumáticas y todo lo relacionado con la construcción y Montajes Metal-Mecánicos.

El Taller de Soldadura debe estar Dotado de un Equipo de Seguridad para mejorar la Calidad de Vida del trabajador y Asegurar una Producción sin riesgos de Accidentes.

Además de presentar unas líneas de Seguridad bien Demarcadas en el Piso, los Extintores contra Incendio deben Permanecer en los sitios Estratégicos y de Fácil Acceso. Los bombos y Mamparas deben permanecer en los sitios adecuados para evitar que los rayos ultravioletas del Arco Eléctrico molesten al Personal que transite por el área de Soldadura.

PRIMERO LA SEGURIDAD

Toda Función conlleva riesgos y el Ejercicio de la Soldadura no se exonera de acarrearlos, por lo tanto antes de iniciar cualquier labor de soldadura adecue primero su entorno laboral, vigile que los equipos estén en perfecto estado, los Cables tanto de energía eléctrica como los de la Máquina de Soldar no estén rotos; el sitio de trabajo debe permanecer seco y bien ventilado. El Equipo de protección Personal como lo son: Casco de Seguridad, Botas con Punteras de seguridad, Capuchón, Careta de Soldar, Gafas de Seguridad, Protectores Auditivos, Mascarilla contra Humos y Polvos de Soldadura, Peto, Guantes largos y polainas estén en buen estado.

Ubicar en el sitio de trabajo un extintor Multipropósito contra Incendios, no realizar labores de Soldadura cerca de Materiales Combustibles tales como: derivados del Petróleo, Algodón, Papel, Lycra, Polietilenos y Gases Combustibles.

Si va a realizar labores de Soldadura en áreas elevadas de más de 1.50 mts., no olvide utilizar el ARNÉS, o CINTURÓN DE SEGURIDAD, Acordonar el área de trabajo con cinta de Seguridad y señalar los accesos Peatonales. Las Cortinas de Agua se emplean en áreas donde se presente que hay escape de gases explosivos o fugas de Combustibles.

NOTA:

Evite en lo posible realizar Funciones de Soldadura en áreas Confinadas a Humos y Gases Tóxicos. No Olvide que Usted es responsable de su Propia SEGURIDAD. ¡ Éxitos !

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD




Nuestro Web mundial es
www.MillerWelds.com
www.HobartWelders.com

 Miller
 HOBART WELDERS

ASEGURESE DE ESTUDIAR MUY DETENIDAMENTE ESTA GUIA

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD

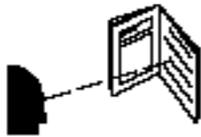
1. Prácticas generales de seguridad



Entrenese y lea las instrucciones antes de trabajar en la máquina o soldar o cortar. Lea las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDSs) para los metales, consumibles, y recubrimientos.



Use anteojos de seguridad aprobados con resguardos laterales hasta debajo de su careta o un protector para la cara y durante todo el tiempo en el área de trabajo.



Lea el Manual del Dueño del equipo para información más completa sobre seguridad.

Use un arnés de seguridad si está trabajando más arriba del nivel del piso.

Mantenga a los niños lejos de todo el equipo y los procesos.

No instale o ponga la máquina sobre superficies inflamables.

Haga que solamente personas capacitadas instalen, usen, o den servicio a todo el equipo.

2. Peligros en la soldadura por arco



Una descarga eléctrica de un electrodo de soldar o el alambrado puede matarle.



Utilice guantes aislantes secos y ropa de protección. No toque el electrodo con la mano desnuda. No use guantes mojados o deteriorados.

No toque partes eléctricamente vivas.

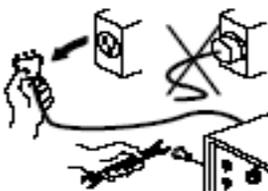
No use la salida de soldadura CA en espacios húmedos, mojados o limitados.

Use la salida CA SOLAMENTE si lo requiere el proceso de soldadura.

Si se requiere la salida CA, use un control remoto si hay uno presente en la unidad.



Protéjase de el golpe eléctrico aislandose usted mismo del trabajo y la tierra. Use material para aislar seco y que no sea inflamable si es posible, o use felpudo seco hecho de hule, madera seca o madera contrachapada, u otro equipo aislante seco lo suficientemente grande para cubrir toda su área de contacto con el trabajo o la tierra, y luego asegúrese que no haya fuego.



Desconecte el enchufe de entrada o la potencia de entrada antes de trabajar en la máquina.

No haga conexiones de entrada si usted no puede distinguir los colores, o es daltoniano.

Inspeccione con frecuencia el cordón de entrada para determinar que no haya alambres averiados o desnudos; repare o reemplace el cordón inmediatamente si tiene averías. Asegúrese que el alambre de tierra de entrada esté conectado apropiadamente a un terminal de tierra en la caja de desconexión o disyuntor.

Instale el equipo y conecte a la tierra de acuerdo al manual del operador y los códigos nacionales estatales y locales.

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD



El humo o gases provenientes de la soldadura pueden ser peligrosos a su salud.



Mantenga su cabeza fuera del humo. No respire el humo. Use suficiente ventilación, ventile el arco, o ambos, para mantener el humo y los gases fuera de su zona de respiración y el área en general.

Lea las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDSs) para los metales, consumibles, y recubrimientos.



Use ventilación forzada o ventile el área por succión forzada en el arco para quitar los gases y el humo de su área de respiración.



Use un ventilador para quitar los gases y humo de su zona de respiración y área de soldar.

Si no está convencido de cuan buena es la ventilación o escape de los gases, haga que se mida la exposición y se las compare a los valores límites de umbral (TLV en inglés) en las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDSs).



El soldar puede causar fuego o explosión.



No suelde cerca de materiales inflamables. Mueva los materiales inflamables por lo menos a una distancia de 35 pies (11 metros) o protéjalos con cubiertas contra llamas (véase NFPA 51B catalogado en Sección 7).



El soldar puede causar fuego. Tenga un extinguidor de fuego cercano y tenga una persona vigilando que esté lista a usarlo.



No suelde tambores, tanques, o cualquier recipiente cerrado a no ser que una persona capacitada les ha examinado y los ha declarado, o esté preparado a declararlos, seguros (véase AWS F4.1 catalogado en Sección 7).

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD



Los rayos del arco pueden quemar sus ojos y piel.



Use protección para los oídos y abotónese el cuello de la camisa (véase Sección 8 para escoger la obscuridad (densidad) correcta del lente filtro).



Use una gorra de soldador y anteojos de seguridad con guardas laterales. Use protección para los oídos cuando esté soldando fuera de posición o en espacios limitados. Abotónese el cuello de la camisa.



Use protección de cuerpo completo. Use ropa protectora que no tenga aceite tal como guantes de cuero (piel), una camisa pesada, pantalones sin bastas y botas altas.

3. Peligros del motor



El combustible puede causar fuego o explosión.



El combustible del motor más llamas o chispas pueden causar un fuego.

No suelde cerca del combustible del motor.

No derrame el combustible. Si ha derramado el combustible, límpielo y no arranque el motor hasta que el vapor del combustible se haya disipado.



No fume mientras esté añadiendo combustible o esté cerca del combustible o vapores de combustible.



Pare el motor antes de rellenarlo de combustible.

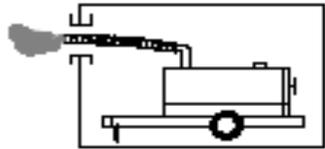


No ponga combustible en un motor caliente. Detenga el motor y déjelo enfriar antes de verificar o añadir combustible.

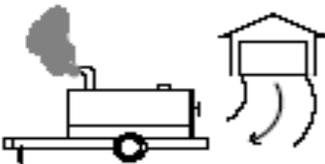
GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD



Los gases de escape del motor pueden matarle.



Ventile hacia afuera el escape y aléjelo de cualquier toma de aire para el edificio.



Use la unidad al aire libre en lugares abiertos, y bien ventilados.



Partes que se meuen pueden causarle heridas.

Mantenga sus manos, cabello, ropa floja, y herramientas lejos de las partes que se mueven tales como ventiladores, correas, y rotores. Mantenga todas las puertas, paneles, cubiertas y guardas cerradas y en su lugar.



Una explosión de la batería puede encegueserlo y lesionarlo.

Las chispas pueden causar que los gases de la batería estallen.
No fume y mantenga fósforos y llamas lejos de la batería.

Use un resguardo para la cara o anteojos de seguridad cuando esté trabajando en, o cerca de la batería.



El ácido de la batería puede quemar la piel.

No derrame el ácido.

Use guantes de hule (caucho) y defensa o protección a la cara o anteojos de seguridad cuando esté trabajando en una batería.



El vapor y líquido refrigerante del motor caliente, le puede quemar.

Verifique el nivel de líquido refrigerante cuando el motor esté frío para evitar escaldaduras. Si el motor está caliente y hay que chequearlo, use anteojos de seguridad y guantes, y ponga un trapo sobre la tapa del radiador. Dé la vuelta a la tapa ligeramente y permita que la presión escape antes de quitar la tapa completamente.

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD



Las chispas del escape pueden causar incendio.

Use un arrestador de chispas aprobado para el escape del motor en los lugares requeridos, véase los códigos aplicables.

Mantenga el escape y los tubos de escape lejos de materiales inflamables.

No ubique la unidad cerca de materiales inflamables.

4. Peligros del corte por plasma



El cortar puede causar fuego o explosión.



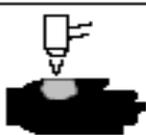
No corte cerca de materiales inflamables. Mueva los materiales inflamables por lo menos a una distancia de 35 pies (11 metros) o protéjalos con cubiertas contra llamas (véase NFPA 51B catalogado en Sección 7).



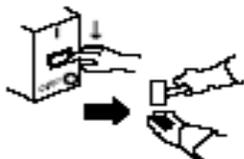
Las chispas provenientes del corte pueden causar fuego. Tenga un extinguidor de fuego cercano y tenga una persona vigilando que esté lista a usarlo.



No corte tambores, tanques, o cualquier recipiente cerrado a no ser que una persona capacitada les ha examinado y los ha declarado, o esté preparado a declararlos, seguros (véase AWS F4.1 catalogado en Sección 7).



El arco de plasma puede causar lesiones y quemaduras.



Apague la potencia de entrada antes de desamar la antorcha.



No agarre material que esté cerca del área de cortadura.
No toque las partes calientes con las manos sin protección.

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD



Una descarga eléctrica de la antorcha o del cableado, le puede matar.



Use guantes aislantes secos. No use guantes mojados o deteriorados.

No toque el electrodo con la mano desnuda.



Protéjase de el golpe eléctrico aislandose usted mismo del trabajo y la tierra. Use material para aislar seco y que no sea inflamable si es posible, o use felpudo seco hecho de hule, madera seca o madera contrachapada, u otro equipo aislante seco lo suficientemente grande para cubrir toda su área de contacto con el trabajo o la tierra, y luego asegúrese que no haya fuego.



Desconecte el enchufe de entrada o la potencia de entrada antes de trabajar en la máquina.

No haga conexiones de entrada si usted no puede distinguir los colores, o es daltoniano.

Inspeccione con frecuencia el cordón de entrada para determinar que no haya alambres averiados o desnudos; repare o reemplace el cordón inmediatamente si tiene averías. Asegúrese que el alambre de tierra de entrada esté conectado apropiadamente a un terminal de tierra en la caja de desconexión o disyuntor.

Instale el equipo y conecte a la tierra de acuerdo al manual del operador y los códigos nacionales estatales y locales.



El humo y gases del corte pueden ser peligrosos a su salud si los respira.



Mantenga su cabeza fuera del humo. No respire el humo. Use suficiente ventilación, ventile el arco, o ambos, para mantener el humo y los gases fuera de su zona de respiración y el área en general.

Lea las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDSs) para los metales, consumibles, y recubrimientos.



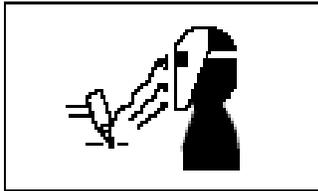
Use ventilación forzada o ventile el área por succión forzada en el arco para quitar los gases y el humo de su área de respiración.



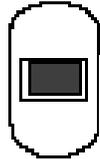
Use un ventilador para quitar los gases y humo de su zona de respiración y área de soldar.

Si no está convencido de cuan buena es la ventilación o escape de los gases, haga que se mida la exposición y se las compare a los valores límites de umbral (TLV en inglés) en las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDSs).

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD



Los rayos del arco pueden quemar sus ojos y piel.



Use protección para los oídos y abotónese el cuello de la camisa (véase Sección 8 para escoger la obscuridad (densidad) correcta del lente filtro).



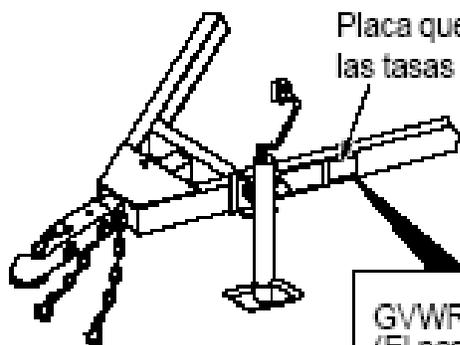
Use una gorra de soldador y anteojos de seguridad con guardas laterales. Use protección para los oídos cuando esté soldando fuera de posición o en espacios limitados. Abotónese el cuello de la camisa.



Use protección de cuerpo completo. Use ropa protectora que no tenga aceite tal como guantes de cuero (piel), una camisa pesada, pantalones sin bastas y botas altas.

5. Seguridad del remolque

El sobrecargar el remolque puede causar lesiones graves, o daño al equipo.



Placa que muestra las tasas

Sepa la capacidad del remolque.

No sobrecargue el remolque.

Seleccione un vehículo impulsador apropiado.

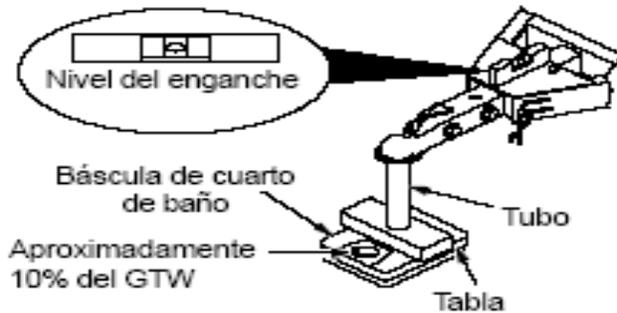
GVWR en inglés – Tasa bruta de peso del vehículo
(El peso total del remolque máximo incluyendo su carga)

GAWR en inglés – Tasa bruta de peso para el eje

VIN NO en inglés – Número de identificación del vehículo

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD

El peso incorrecto de la punta del enganche puede causar vaivén sin control del remolque y pérdida de control del vehículo impulsador que resultaría en lesiones graves y daño al equipo.



Instale el generador de acuerdo al Manual del Dueño con el extremo del motor hacia el enganche del remolque.

Conecte el amazón del generador a tierra en el amazón del remolque; véase el Manual del Dueño.

Distribuya el peso de manera que el peso del enganche sea aproximadamente 10% del peso bruto del remolque (GTW en inglés).

No deje que el peso de la punta del enganche exceda la tasa de peso del acople y la punta del enganche.

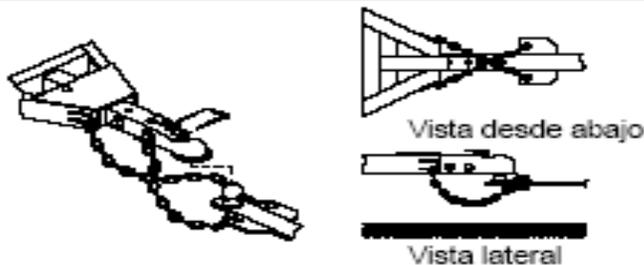
| Remolque y enganche clase ¹ | Tasa bruta del peso del vehículo GVWR lb. (kg) | Peso bruto del remolque GTW ² lb (kg) | Máximo peso en la punta del enganche ³ lb (kg) |
|--|--|--|---|
| 1 | Hasta 2000 (910) | 1000 (455) 2000 (910) | 100 (45) 200 (90) |
| 2 | 2000 a 3500 (910 a 1590) | 2000 (910) 3500 (1590) | 200 (90) 350 (158) |
| 3 | 3500 a 5000 (1590 a 2270) | 3500 (1590) | 350 (158) |

1 Información desde SAE J684 mayo 1987

2 Peso bruto del remolque (peso total actual)

3 10% del GTW recomendado

Las cadenas de seguridad pueden evitar que el remolque se desprenda del vehículo impulsador en caso de que el enganche/acople falle.

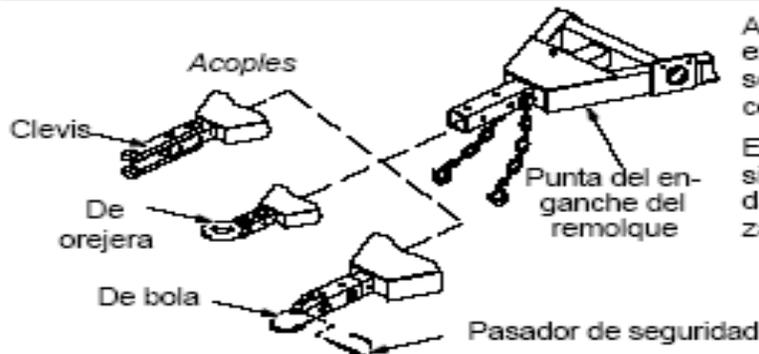


Siempre use cadenas de seguridad cuanto esté remolcando.

Cruce a las cadenas de seguridad debajo del acople para evitar que la punta del enganche se caiga al suelo.

Permita solamente que las cadenas estén lo suficientemente flojas para permitir curvas apretadas.

El tamaño o tasa incorrecta del enganche puede causar que el remolque se separe del vehículo que lo está impulsando.

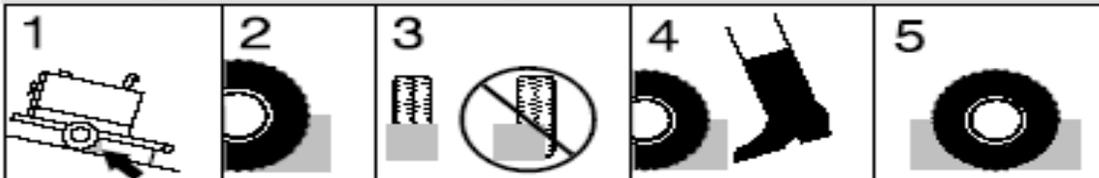


Asegúrese que la bola y el acople del enganche sea del tamaño apropiado, se apareje la una con el otro y estén completamente conjuntados.

En acoples de bola opcionales, siempre inserte el pasador de seguridad del enganche antes de comenzar a remolcar el remolque.

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD

Deben ponerse cuñas bajo las ruedas cuando se desengancha el remolque del vehículo impulsador.



1. Ponga la cuña en la dirección de la bajada.
2. Ubique la cuña apretadamente atrás de la llanta.
3. Póngala a la cuña completamente en línea con la llanta.
4. Patéele a la cuña en su lugar.
5. Para más protección, ponga cuñas en ambos lados de la llanta.

Luces que funcionen incorrectamente pueden causar accidentes.

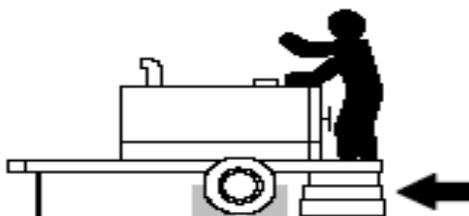


Asegúrese que las conexiones de luz para el vehículo y el remolque se aparejen la una con la otra y estén bien conjuntadas.

Verifique que todas las luces funcionen apropiadamente antes de usar el remolque.

Chequee la condición de los alambres del cableado, enchufes, focos o bombillos, y conexiones en una forma regular. Repare, o reemplace bombillos, piezas, o alambres averiados.

Inclinación inesperada del remolque puede causar lesiones y daño.



Cuando vaya a separar el remolque del vehículo impulsador, use un gato al frente y bloques debajo de la parte de atrás para evitar que se mal incline.

Use los bloques apropiados que sean lo suficientemente grandes y capaces de soportar el peso necesario.

Siempre ponga cuñas en las ruedas cuando desenganche el remolque.

Herrajes y sujetadores flojos o incorrectos pueden causar lesiones y daño.



Periódicamente chequee más de una vez, todas las tuercas y pernos para asegurarse que estén apretados y en buena condición.

Si fuera necesario, siempre reemplace cualquier sujetador con otro del mismo tamaño, grado y tipo.

Asegúrese que las marcas de grado en los sujetadores de reemplazo sean iguales que las del perno original. La marca de identificación del fabricante no es crítica y no importa en un sujetador de reemplazo.

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD

6. Situaciones y equipo especiales



Espacios limitados pueden ser peligrosos.

Los espacios limitados son lugares que no tienen suficiente espacio para movimiento completo y a menudo carecen de ventilación, tal como tanques de almacenamiento, tinajas o tinajas, túneles, calderas, tubos, recintos interiores de barcos, esquinas de un recinto, cerca de las esquinas del cielo raso o piso, o dentro de un hoyo. Los gases pueden acumularse y formar concentraciones peligrosas.

Siempre abra todas las tapas, quite cualquier material peligroso o tóxico, consiga ventilación forzada, y proporcione la manera de apagar toda la potencia y gas desde adentro.

Nunca trabaje solo; tenga comunicación constante con alguien afuera quien puede apagar la potencia o el gas rápidamente, esté entrenado en procedimientos de rescate y le puede sacar a usted en caso de una emergencia.

No use salida de soldadura CA en espacios encerrados.

Protéjase de el golpe eléctrico aislandose usted mismo del trabajo y la tierra. Use material para aislar seco y que no sea inflamable si es posible, o use felpudo seco hecho de hule, madera seca o madera contrachapada, u otro equipo aislante seco lo suficientemente grande para cubrir toda su área de contacto con el trabajo o la tierra, y luego asegúrese que no haya fuego.

Siempre chequee y monitoree la calidad del aire en el espacio. Los humos y gases de soldadura y corte pueden desplazar el aire y disminuir el contenido de oxígeno; use ventilación, y si fuera necesario, un respirador con fuente externa de aire. Asegúrese que el aire que esté respirando sea seguro.

Siempre recuerde: Todos los peligros normales de soldadura y corte de arco son amplificados en espacios limitados (véase ANSI Z49.1 catalogado en Sección 7).



Los cilindros pueden estallar si están averiados.

Los cilindros que contienen gas protector tienen este gas a alta presión. Si están averiados los cilindros pueden estallar. Como los cilindros son normalmente parte del proceso de soldadura, y puedan ser parte del proceso de cortar, siempre trátelos con cuidado.

Proteja cilindros de gas comprimido del calor excesivo, golpes mecánicos, escoria, llamas, chispas y arcos.

Instale y asegure los cilindros en una posición vertical asegurándolos a un soporte estacionario o un sostén de cilindros para prevenir que se caigan o se desplomen.

Mantenga la tapa en sitio sobre la válvula, excepto cuando el cilindro esté en uso o esté conectado para uso.

Los cilindros son pesados; use un aparato para levantarlos y métodos protectores para prevenir lesiones a la espalda.

Lea y siga las instrucciones sobre los cilindros de gas comprimido, equipo asociado, y la publicación CGA P-1 catalogada en los Estándares de Seguridad (véase Sección 7).



Campos magneticos puede afectar a marcadores de paso.

Personas que usan marcadores de paso manténgase lejos de la operaciones de soldadura de arco y cortadura y del equipo.

Las personas que usan Marcadores de Paso deben consultar su médico antes de acercarse a procesos de soldadura de arco, de punto, cortar por arco o de ranuración.

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD



Partes calientes puedan causar quemaduras severas.

No toque partes y piezas que hayan sido soldadas o cortadas con la mano sin guante. Si tiene que manejarlas, use las herramientas apropiadas y use guantes aislados de soldadura para prevenir quemaduras.

Permita un periodo de enfriamiento antes de manejar las piezas o trabajar en una antorcha o pistola de soldar.

7. Estándares Principales de Seguridad

Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes, Estándar ANSI Z49.1, de la American Welding Society, 550 N.W. LeJeune Rd, Miami FL 33126 (teléfono: 305-443-9353, website: www.aws.org).

Recommended Safe Practices for the Preparation for Welding and Cutting of Containers and Piping, del American Welding Society Estándar AWS F4.1, de la American Welding Society, 550 N.W. LeJeune Rd, Miami, FL 33126 (teléfono: 305-443-9353, website: www.aws.org).

Código Nacional Eléctrico, NFPA estándar 70, de la Asociación Nacional de Protección de Fuego, P.O. Box 9101, 1 Battery March Park, Quincy, MA 02269-9101 (teléfono: 617-770-3000, website: www.nfpa.org y www.sparky.org).

El manejo seguro de gases comprimidos en cilindros, pamfleto CGA P-1, de la Compressed Gas Association, 1235 Jefferson Davis Highway, Suite 501, Arlington, VA 22202-4102 (teléfono: 703-412-0900, website: www.cganet.com).

Código para seguridad en cortar y soldar, estándar CSA W117.2, de la Canadian Standards Association, ventas estándares, 178 Rexdale Boulevard, Rexdale, Ontario, Canada M9W 1R3 (teléfono: 800-463-6727 o en Toronto 416-747-4044, website: www.csa-international.org).

Práctica segura para la protección de ojos y cara en ocupación y educación, estándar ANSI Z87.1 del Instituto Americano Nacional de Estándar, 11 West 42nd Street, New York, NY 10036-8002 (teléfono: 212-642-4900, website: www.ansi.org).

Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and Other Hot Work, Estándar NFPA 51B, de la National Fire Protection Association, P.O. Box 9101, 1 Battery March Park, Quincy, MA 02269-9101 (teléfono: 617-770-3000, website: www.nfpa.org y www.sparky.org).

OSHA, Estándares de Seguridad y Salud Ocupacional para la Industria en General, Título 29, Código de las Regulaciones Federales (CFR), Parte 1910, Subparte Q, y Parte 1926, Subparte J, de la Oficina de Imprimir del Gobierno de EE.UU., Superintendente de Documentos, P.O. Box 371954, Pittsburgh, PA 15250 (hay 10 Oficinas Regionales—teléfono para la Región 5, Chicago, es 312-353-2220, website: www.osha.gov).

Folleto, *TLVs, Threshold Limit Values...*, del American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 1330 Kemper Meadow Drive, Suite 600, Cincinnati, OH 45240-1634 (teléfono: 513-742-2020, website: www.acgih.org).

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD

8. Guía para seleccionar la densidad del lente filtro

| Operación/ proceso | Tamaño de electrodo pulg. (mm.) | Corriente del arco (Amperios) | Densidad mínima protectora | Número de densidad sugerida* (Comodidad) |
|--|--|----------------------------------|----------------------------------|---|
| Soldadura Convencional por Electrodo (SMAW) | Menos de 3/32 (2,5) 3/32-5/32 (2,5-4) 5/32-1/4 (4-6,4) más de 1/4 (6,4) | Menos de 60 | 7 | — |
| | | 60-160 | 8 | 10 |
| | | 160-250 | 10 | 12 |
| | | 250-550 | 11 | 14 |
| Soldadura MIG (GMAW) y Soldadura MIG con Alambre Tubular (FCAW) | | Menos de 60 | 7 | — |
| | | 60-160 | 10 | 11 |
| | | 160-250 | 10 | 12 |
| | | 250-550 | 10 | 14 |
| Soldadura TIG (GTAW) | | Menos de 50 | 8 | 10 |
| | | 50-150 | 8 | 12 |
| | | 150-500 | 10 | 14 |
| Cortadura por Carbón Aire (CAC-C) | (Liviano) (Pesado) | Menos de 500 | 10 | 12 |
| | | 500-1000 | 11 | 14 |
| Soldadura Plasma (PAW) | | Menos de 20 | 6 | 6 a 8 |
| | | 20-100 | 8 | 10 |
| | | 100-400 | 10 | 12 |
| | | 400-800 | 11 | 14 |
| Cortadura por Plasma (PAC) | | Menos de 20 | 4 | 4 |
| | | 20-40 | 5 | 5 |
| | | 40-60 | 6 | 6 |
| | | 60-80 | 8 | 8 |
| | | 80-300 | 8 | 9 |
| | | 300-400 400-800 | 9 10 | 12 14 |
| Antorcha de soldadura fuerte (TB) | | — | — | 3 ó 4 |
| Soldando con antorcha | | — | — | 2 |
| Soldando con arco al carbono (CAW) | | — | — | 14 |
| | Grosor de la placa | | | |
| | pulg. | mm | | |
| Soldadura autógena (OFW) | Liviana Mediana Pesada | Debajo de 1/8 | Debajo de 3,2 | 4 ó 5 |
| | | 1/8 a 1/2 | 3,2 a 12,7 | 5 ó 6 |
| | | Sobre 1/2 | Sobre 12,7 | 6 ó 8 |
| Oxygen Cutting (OC) | Light Medium Heavy | Debajo de 1 | Debajo de 25 | 3 ó 4 |
| | | 1 a 6 | 25 a 150 | 4 ó 5 |
| | | Sobre 6 | Sobre 150 | 5 ó 6 |

*Como una regla general, comience con una densidad de lente que es demasiado oscura para ver la zona de soldadura o corte. Entonces use un lente filtro de menor densidad que le dé suficiente vista de la zona para soldar o cortar sin irse debajo del mínimo. En soldadura, cortadura, y soldadura fuerte autógena, donde la antorcha produce una luz alta amarilla, es recomendado el uso de un lente filtro que absorba la línea de luz amarilla, o de sodio en la porción visible del espectro de operación.

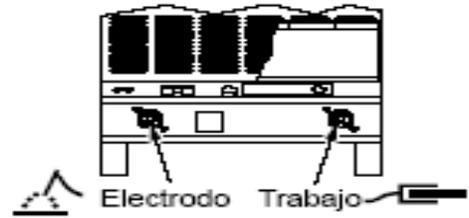
Guía adaptada de ANSI Z49.1, 1999. Datos de plasma y cortadura por arco de baja corriente (0-80 amperios) proporcionada por Miller Electric Mfg. Co.

GUIA RAPIDA DE SEGURIDAD

9. Seleccionando los Tamaños del Cable*



- ▲ Apague la potencia antes de conectar a los bornes terminales de soldadura.
- ▲ No use cables que estén desgastados, averiados, de tamaño muy pequeño, o mal empalmados.



| Amperios de Soldadura | Largo de Cable Total (Cobre) en el Circuito de Soldadura que no Exceda*** | | | |
|-----------------------|---|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| | 30 m (100 pies) o Menos | | 45 m (150 pies) | 60 m (200 pies) |
| | 10 – 60% ciclo de trabajo | 60 – 100% ciclo de trabajo | 10 – 100% ciclo de trabajo | |
| 100 | 4 (20) | 4 (20) | 4 (20) | 3 (30) |
| 150 | 3 (30) | 3 (30) | 2 (35) | 1 (50) |
| 200 | 3 (30) | 2 (35) | 1 (50) | 1/0 (60) |
| 250 | 2 (35) | 1 (50) | 1/0 (60) | 2/0 (70) |
| 300 | 1 (50) | 1/0 (60) | 2/0 (70) | 3/0 (95) |
| 350 | 1/0 (60) | 2/0 (70) | 3/0 (95) | 4/0 (120) |
| 400 | 1/0 (60) | 2/0 (70) | 3/0 (95) | 4/0 (120) |
| 500 | 2/0 (70) | 3/0 (95) | 4/0 (120) | 2 ea. 2/0 (2x70) |
| 600 | 3/0 (95) | 4/0 (120) | 2 ea. 2/0 (2x70) | 2 ea. 3/0 (2x95) |
| 700 | 4/0 (120) | 2 ea. 2/0 (2x70) | 2 ea. 3/0 (2x95) | 2 ea. 4/0 (2x120) |
| 800 | 4/0 (120) | 2 ea. 2/0 (2x70) | 2 ea. 3/0 (2x95) | 2 ea. 4/0 (2x120) |
| 900 | 2 ea. 2/0 (2x70) | 2 ea. 3/0 (2x95) | 2 ea. 4/0 (2x120) | 3 ea. 3/0 (3x95) |
| 1000 | 2 ea. 2/0 (2x70) | 2 ea. 3/0 (2x95) | 2 ea. 4/0 (2x120) | 3 ea. 3/0 (3x95) |
| 1250 | 2 ea. 3/0 (2x95) | 2 ea. 4/0 (2x120) | 3 ea. 3/0 (3x120) | 4 ea. 3/0 (4x95) |

*Esta tabla es una guía general y puede que no sea apta para todas las aplicaciones. Si ocurre sobrecalentamiento del cable (usted normalmente puede olerlo), use el siguiente tamaño mayor de cable.

**El tamaño del cable de soldar está basado en ya sea 4 voltios o menos de caída, o una densidad corriente de por lo menos 300 mils circulares por amperios. () = mm²

***Para distancias más grandes que aquellas que se muestran en esta guía, llame a un representante de aplicaciones de la fábrica al número 920-735-4505.

DEFINICIÓN DEL TERMINO SOLDADURA

Es un proceso donde la unión de dos o mas metales se logra a través de un Arco Eléctrico, con o sin material de Aporte, en donde los Metales a unir sufren un cambio Físico-químico por los Elementos aleantes del Electrodo.

En todo proceso de Soldadura por Arco Eléctrico, la Energía Eléctrica se transforma en Energía Térmica, pudiendo llegar su Temperatura hasta 3600° centígrados.

Antes de definir el proceso debemos decir que Arco Eléctrico y Electricidad están relacionados entre sí, por lo tanto para efectos de poder comprender claramente la generación de dicho proceso, definiremos que es la corriente Eléctrica, las clases de energía y sus aplicaciones, pero no sin antes, considerar los factores que debemos tener en cuenta antes de elegir un proceso de Soldadura, conocer cuantos Procesos existen en la industria de la metalmecánica y distinguir las diferencias que hay entre las Soldaduras de Mantenimiento y las de Producción.

FACTORES A CONSIDERAR ANTES DE ELEGIR EL PROCESO DE SOLDADURA

Existen en la actualidad tres Factores que deben ser considerados al momento de elegir un proceso de Soldadura:

1) – la productividad, 2) – la calidad, 3) – la Seguridad y el Medio Ambiente.

Antes de dar una definición exacta de lo que es el proceso, veamos las diferencias entre las Soldaduras de Mantenimiento y las de Producción.

LAS DIFERENCIAS ENTRE SOLDADURAS DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Las Soldaduras de Producción generalmente se realizan bajo condiciones optimas. Se realiza una calificación de Procedimiento de Soldadura (WPS), para obtener las variables esenciales Suplementarias, en donde los cambios quedan anotados en un registro de calificación de procedimiento (PQR), el cual controla fácilmente los parámetros, sujetándolos a Ensayos destructivos y no destructivos, que se adquieren mediante la Prueba de habilidad que se le practica al Soldador.

Las soldaduras de Mantenimiento y Reparación presentan grandes disparidades en comparación con las Soldaduras de Producción. Los problemas de operación incluyen una causa de desconocimiento, restricciones y limitaciones. Las aleaciones de soldadura deben poseer unas características especiales para tener éxito frente a los problemas que se presenten en las reparaciones.

Los problemas más frecuentes a que nos enfrentamos en la aplicación de las soldaduras de mantenimiento y reparación son a saber:

- | | |
|---|--|
| 7. Pre calentamiento y Post-calentamiento | 1. Tipo de bisel |
| 8. Temperatura entre pases | 2. Tratamiento de Limpieza en la junta |
| 9. Distorsión en el material base (tensiones transversales) | 3. Posición a soldar |
| 10. Agrietamiento en Caliente y Frío | 4. Técnicas de aplicación a soldar |
| 11. Sistema de enfriamiento de la Pieza | 5. Tipo de Polaridad |
| 12. Elección correcta del Electrodo | 6. Voltaje y Amperaje. |
| 13. Preparación de la pieza a Soldar | |

CLASES DE ARCO ELECTRICO CON PROTECCIÓN GASEOSA.

HIDRÓGENO ATÓMICO: Proceso de soldadura de electrodo no consumible. Se pasa hidrógeno a través de un arco eléctrico de corriente alterna formado entre dos electrodos de tungsteno. La elevada temperatura del arco, 6000 grados centígrados, rompe las moléculas de hidrógeno dejándolo en una forma atómica.

PLASMA: Proceso de soldadura en el cual el calor es producido por un arco creado entre un electrodo no consumible de tungsteno y la pieza de trabajo, a través de una columna gaseosa orientada por un orificio que oscila entre 0.7 y 202 Mm.

ELECTRODO DE CARBÓN: El calor es obtenido de un arco eléctrico formado entre un electrodo de carbón y la pieza que se va a soldar, o entre dos electrodos de carbón. Si se necesita un metal de aporte, este se añade en forma independiente.

TIG: Proceso en el cual se emplea un electrodo de tungsteno no consumible creando un arco con la pieza de trabajo, rodeado y protegido con un chorro de gas inerte que sale por la misma boquilla que sostiene el electrodo.

MIG-MAG: Proceso de soldadura de arco con gas protector y electrodo consumible, el cual a un mismo tiempo mantiene el arco eléctrico y suministra continuamente el material de aporte, mientras que al metal fundido tanto del electrodo como del metal base esta protegido de la atmósfera por la acción de un gas inerte como el argón o el helio.

ELECTROGAS: Método automático de soldadura de arco eléctrico con protección gaseosa y electrodo metálico consumible, para soldar vertical y circularmente las laminas. El calor es producido por un arco eléctrico y solamente se usa corriente continua.

RAYOS LASER: Cuando el rayo láser enfocado choca contra la superficie de un metal, la luz se refleja, dispersa, transmite y absorbe en forma parcial. Un sistema láser típico para soldadura consiste en el generador de láser, un sistema de enfriamiento en la cavidad para láser, un sistema óptico de salida, una estación de trabajo con dispositivos para alineación y un enfocador para apuntar el haz de lámina al lugar deseado.

HAZ DE ELECTRONES: En este proceso, el calor requerido para la unión del material se genera con un haz concentrado de electrones a alta velocidad, en vacío generalmente enfocado a la superficie que se va a unir. Cuando estos electrones chocan con la unión, su energía cinética se convierte en un calor intenso.

CLASES DE ARCO ELECTRICO CON PROTECCIÓN DE ESCORIA.

ELECTROESCORIA: La soldadura se realiza en posición vertical, disponiendo las partes a unir verticalmente y con bordes planos y paralelos, con una separación entre partes por donde se introduce una guía de cobre a través de la cual se desliza el alambre que al ser fundido a alimentar el baño metálico y luego solidifica formando una costura resistente.

ARCO METALICO: Equivalente al arco manual con electrodo revestido. El electrodo revestido forma el arco eléctrico con el metal base, fundiéndose los dos bajo la protección de CO₂ generado por el revestimiento.

POR GRAVEDAD: Proceso semiautomático o automático en donde el arco eléctrico lo forma un electrodo revestido (cuya longitud oscila entre 1 y 1.5m) con el metal fundente.

ELECTRODO CON NÚCLEO FUNDENTE: Proceso semiautomático o automático en donde el electrodo es tubular y el fundente forma el núcleo de este tipo de electrodo.

ARCO SUMERGIDO: Proceso automático en donde la soldadura se realiza bajo una capa de fundente y en consecuencia no hay destello, salpicaduras ni humos. El fundente se derrite en la vecindad del arco, formando una escoria conducto

CLASES DE ARCO ELECTRICO POR RESISTENCIA

A TOPE: Proceso de soldadura sin metal de aporte y se diferencia en la manera de operar y en que la soldadura de practica en toda la sección de las dos piezas a tope. Se obtiene una unión homogénea con características mecánicas y metalúrgicas de toda la garantía.

DESTELLO (FLASH): La soldadura por destello es empleada para unir barras de grandes secciones. Este tipo de soldadura permite la unión de metales heterogéneos, tales como el acero al carbono común con aceros rápidos y otros.

PUNTOS: Este tipo de soldadura es empleada para las uniones solapadas de las chapas de estructuras metálicas o de piezas. Se emplean para unir piezas planas y el paso de corrientes del electrodo a la pieza depende de la forma y las dimensiones de las puntas de los electrodos.

PROTUBERANCIA: Este proceso es una variante del clásico soldadura por puntos, los cuales están determinados por las protuberancias que existen en una de las dos piezas al unir. De esta forma los contactos de las piezas se producen, únicamente, en las protuberancias, lo que permiten una fusión muy localizada.

COSTURA: Este tipo de soldadura sirve para unir metales en láminas, consiguiéndose una costura continua. En este proceso se emplean electrodos en forma de rodillos. Cuando estos giran apretados, los bordes de las laminas a soldar de deslizan entre ellos y de ésta forma se obtiene una unión estancada a los líquidos y gases.

INDUCCIÓN: Este tipo de unión se logra gracias al calor obtenido de la resistencia que la junta soldada opone al flujo de una corriente inducida.

CLASES DE ARCO ELECTRICO POR PRESION EN FRIO

EXPLOSION: Este proceso se realiza cuando dos piezas de metal son unidas por impacto y presión. La velocidad de impacto requerida y la presión son alcanzadas utilizando explosivos sobre una de las partes a unir, ya sea en contacto o próximo a los materiales.

LAMINADO: Proceso De soldadura en forma continua de flejes de metales o aleaciones metálicas, formado por materiales diferentes que se ligan metalúrgicamente entre sí. También se denominan metales enchapados o revestidos.

INDENTACION: Proceso de soldadura en el cual las piezas a unir se comprimen a una presión que supera el limite de fluencia del material. Como resultado de los procesos de recristalización y de fusión que tienen lugar en la zona de compresión, las superficies se unen sólidamente.

ULTRASONIDO: Proceso en el cual la corriente alterna es convertida en vibraciones mecánicas de alta frecuencia, las cuales son aplicadas a las partes que se van a unir. Las irregularidades originales de la superficie de interfase son eliminadas creándose un área contacto íntimo que promueve la unión por soldadura.

CLASES DE ARCO ELECTRICO POR PRESION EN CALIENTE

LAMINADO: Proceso de soldadura en el cual gracias al calentamiento se puede obtener una deformación plástica más fácilmente y con láminas de mayor espesor.

FRICCION: En la soldadura por fricción el calor para la unión se produce por la conversión directa de la energía mecánica en energía térmica en el punto de la unión. La energía mecánica se genera por el deslizamiento entre dos superficies en rotación o que tiene frotamiento.

PRESION: Las partes a unir son calentadas a su temperatura de soldadura 1200 grados centígrados utilizando boquillas con llamas oxiacetilénica o por corrientes de alta frecuencia, y la unión se obtiene por medios de dados o rodillos, que aplican la presión de ajuste para obtener la soldadura deseada.

FORJADO: El proceso consiste en el calentamiento del metal en una fragua hasta el estado plástico y luego se une por presión.

TIPOS DE ASPERSIÓN TERMICA (METALIZACION).

ARCO ELECTRICO: Proceso de revestimiento de piezas metálicas, que mediante el arco eléctrico creados por dos electrodos no consumibles, suministra los polvos metálicos. Estos revestimientos se caracterizan por ser duros o antioxidantes.

LLAMA: Proceso de revestimiento de piezas metálicas que a través de una llama oxiacetilénica proyecta polvos metálicos con el fin de proporcionar superficies resistentes al desgaste.

PLASMA: Proceso de revestimiento de piezas metálicas, que a través del arco eléctrico creado por un electrodo de tungsteno y con la ayuda de un gas inerte, proyecta polvos metálicos sobre la superficie.

PROCESOS DE SOLDADURA MAS COMUNES EN LA INDUSTRIA METALMECANICA

1. **OFW** = SOLDADURA OXI COMBUSTIBLE
2. **SMAW** = SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO MANUAL REVESTIDO
3. **GTAW** = SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON TUNGSTENO Y GAS INERTE
4. **GMAW** = SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON METAL Y GAS DE PROTECCIÓN
5. **FCAW** = SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ALAMBRE TUBULAR
6. **SAW** = SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO SUMERGIDO
7. **PAW** = SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON PLASMA
8. **EGW** = SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRO-GAS
9. **ESW** = SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRO-SCORIA
10. **ELW** = SOLDADURA POR RAYO LASER

Existe otro proceso de soldadura eléctrica en donde no se aplica material de aporte ni fusión. Las piezas a soldar son sometidas a presión y se sueldan por resistencia eléctrica, este proceso es el de: **SOLDADURA POR RESISTENCIA.**

Este proceso de soldadura se subdivide en dos grupos a saber:

- Soldaduras por puntos
- Soldadura de costura

PROCESO DE SOLDADURA Y CORTE OXICOMBUSTIBLE (OFW.)

El proceso de Soldadura y Corte oxi-combustibles es un procedimiento que tiene por objetivo unir dos o mas piezas entre si con o sin material de aporte, con la finalidad de formar una unión que posea propiedades mecánicas para el fin al que se destina la obra. El proceso de Corte térmico se emplea para separar o recuperar objetos metálicos.

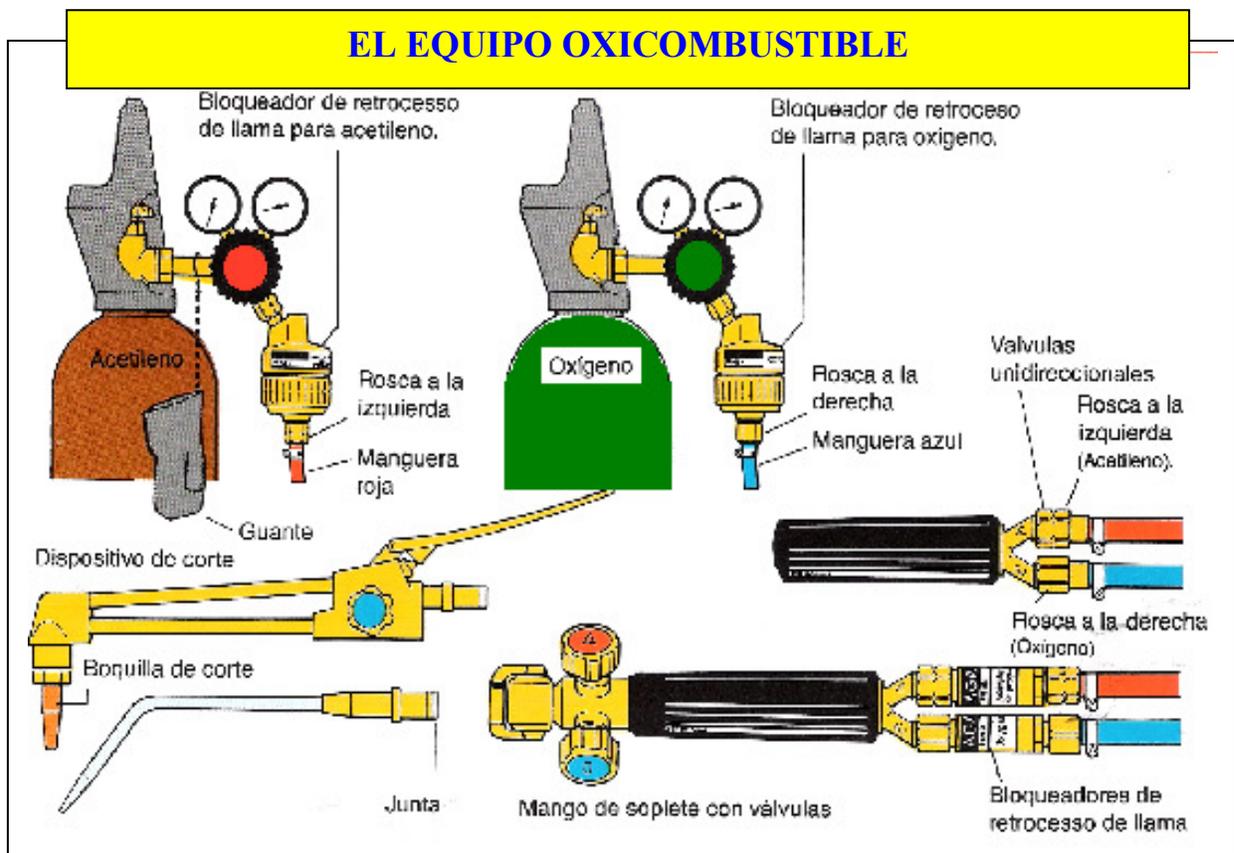
También se emplea el proceso de CALENTAMIENTO CON LLAMA, para enderezar o aliviar tensiones en piezas mecánicas que han sido sometidas a grandes recargues de soldadura.. En este proceso de Corte Térmico, Soldadura y calentamiento intervienen dos tipos de gases:

- Carburante (Combustible)
Y
- Comburente (Oxidante).

En el proceso de soldadura Oxi-combustible se emplea un equipo que consta de las siguientes partes:

EL EQUIPO OXICOMBUSTIBLE

1. UN CILINDRO DE GAS COMBURENTE (OXIGENO O AIRE)
2. UN CILINDRO DE GAS CARBURANTE (GAS COMBUSTIBLE)
3. DOS MANÓMETROS CON REGULADORES DE ALTA Y BAJA PRESION
4. DOS ARESTADORES DE LLAMA
5. DOS MANGUERAS PARA ALTA PRESION (OXIGENO Y GAS COMBUSTIBLE)
6. DOS VÁLVULAS UNIDIRECCIONALES (EVITAN EL CONTRA FLUJO DE LOS GASES)
7. UN MANGO MEZCLADOR DE GASES CON SUS ESPECTIVAS VÁLVULAS DE CONTROL
8. UN JUEGO DE PICOS O BOQUILLAS PARA SOLDAR
9. UN JUEGO DE AGUJAS LIMPIA BOQUILLAS
10. UN CHISPERO ENCENDEDOR .



NOTA:

En el Proceso de **Corte Térmico** el equipo es prácticamente el mismo, solo que en vez de utilizarse un pico o boquilla se emplea un Cortador en donde se mezclan los gases comburentes y combustible y además se emplea una cantidad de gas comburentes adicionales para el proceso de corte. La boquilla que se emplea en el proceso de corte es diferente al pico de soldar o calentar

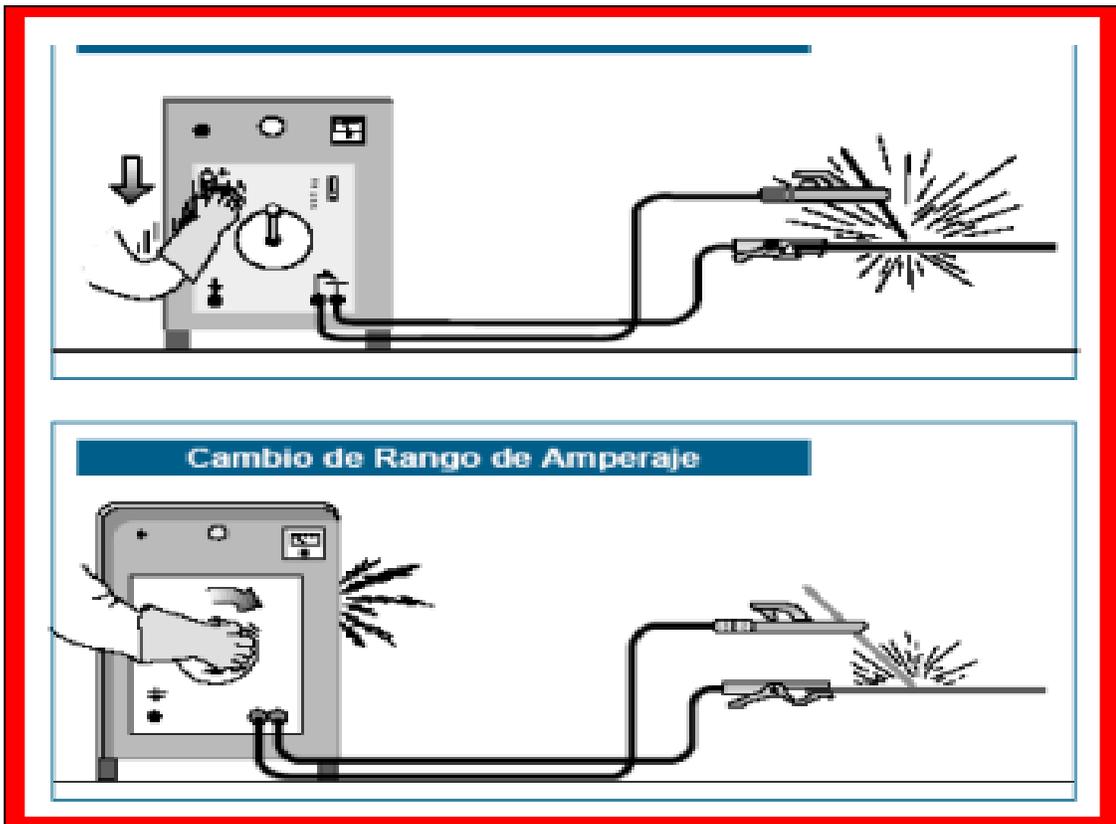
PROCESO DE SOLDADURA SMAW

Este es un proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, en donde intervienen un arco eléctrico que se genera a través de un circuito eléctrico producido por medio de una fuente de poder llámese TRANSFORMADOR DE CORRIENTE AC, RECTIFICADOR o GENERADOR de corriente Alterna o Continua, cables porta electrodo y masa, Porta Electrodo, electrodo y piezas a unir.

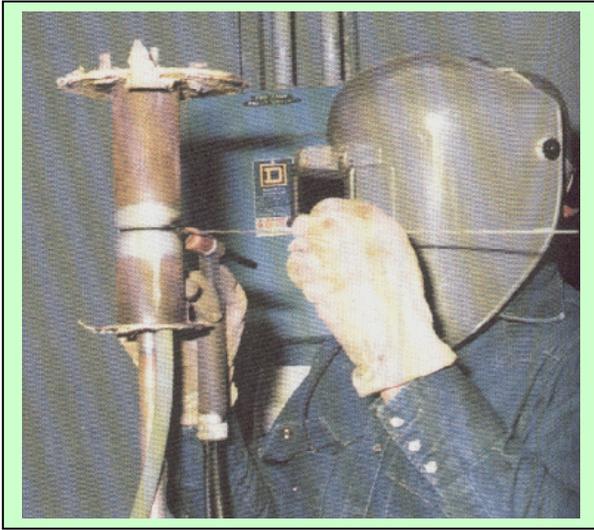
El proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido se emplea para unir dos o más metales Ferrosos y no ferrosos. (Ver Maquinas de soldar)

En este proceso intervienen dos tipos de polaridad y esta se elige de acuerdo al tipo de Electrodo que se valla a utilizar. Hay Electrodos que trabajan con polaridad invertida, como los hay los que trabajan con polaridad directa. Ya veremos más adelante los tipos de polaridad y su uso.

EL EQUIPO DE SOLDADURA SMAW



PROCESO DE SOLDADURA GTAW (TIG)



Este proceso es llamado **TIG** ya que intervienen un electrodo no consumible de Tungsteno y un Gas Inerte de Protección que en ingles se lee: (Tungsten Inert Gas). El proceso de soldadura TIG se puede realizar con o sin material de aportación.

Este proceso de soldadura es ideal para la aplicación de uniones en aceros inoxidable, aceros al carbono y aluminios.

El proceso de soldadura TIG emplea corriente continua, polaridad directa, es decir, con el polo negativo en el electrodo. Para el soldeo de chapas delgadas el proceso de soldadura Tig con arco pulsado, proporciona un control ideal de calor. Esto es particularmente ventajoso en las chapas inoxidables.

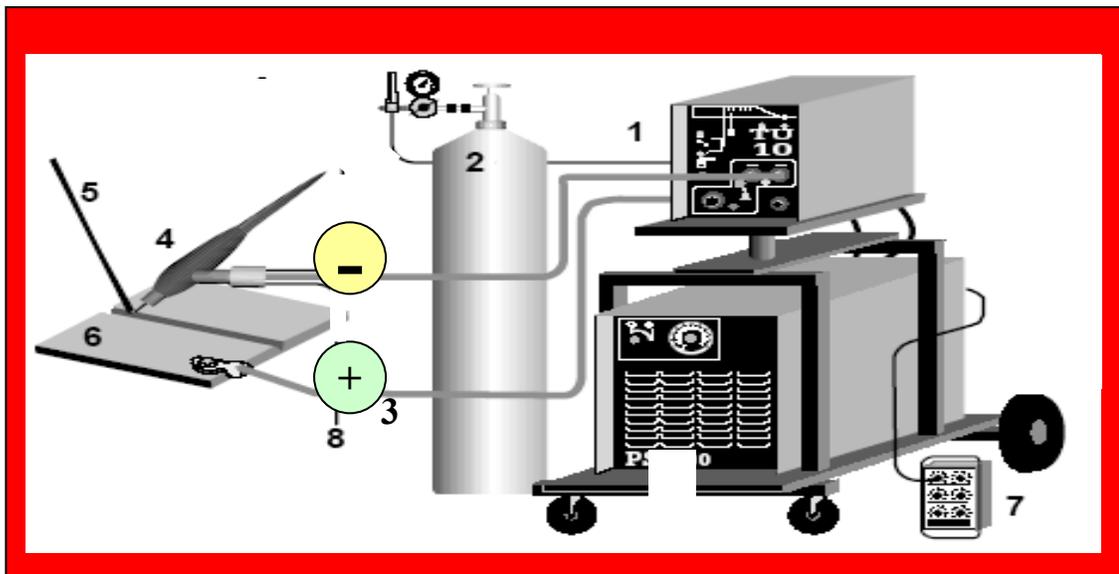
Existe una regla para determinar el amperaje correcto y es el de calcular de 30 a 40 Amp., por mm de espesor de la chapa.

En espesores de chapas superiores a 6 mm., solo se realiza el pase de raíz y se termina la junta con otro proceso de soldadura menos con tig ya que los costos se elevarían. En estos casos se emplea el electrodo revestido ó el proceso Mig.

El Aluminio y el Magnesio se soldaran con corriente alterna, mientras que el acero Inoxidable, acero al carbono, Cobre, Titanio, Níquel, Inconel y Mónel se emplearan corriente continua y Polaridad directa.

El equipo de soldar consta de los siguientes elementos:

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE SOLDADURA - TIG



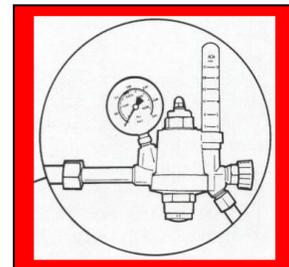
1. UNA FUENTE DE PODER DE CA, CC, O DE AMBAS. Y CONSTA DE:

- un rectificador a base de diodos que filtran la corriente alterna a continua
- sistema de alta frecuencia para activar el encendido del arco
- tarjetas de circuitos integrados para controlar el voltaje, Amperaje, Circuito de flujo de gas, Alta Frecuencia, sistema de Refrigeración, Motor de enfriamiento de las bobinas primarias y secundarias como tan bien el control de las polaridades y el interruptor de encendido y apagado
- una unidad de refrigeración por agua o gas para el enfriamiento de la antorcha de Soldadura de mas de 200 Amperios
- una válvula selenoide para controlar el flojo del gas de protección.
- Un Motor de Refrigeración de Bobinas

2. UN CILINDRO DE GAS INERTE QUE PUEDE SER (Argón, Helio o Nitrógeno)

3. UN FLUJOMETRO CON: —————>

- Manómetro de Alta Presión para medir el contenido del Cilindro
- Regulador de gas Presión de trabajo en Bares
- Manguera
- Conector de Polaridad



4. ANTORCHA DE SOLDADURA QUE CONSTA DE LAS SIGUIENTES PARTES:

- Boquilla porta tungsteno (Puntilla)
- Mordaza (Cojinete)
- Difusor de Gas
- Tobera Cerámica
- Electrodo de Tungsteno
- Cap (tapa de ajuste)

PROCESO DE SOLDADURA GMAW

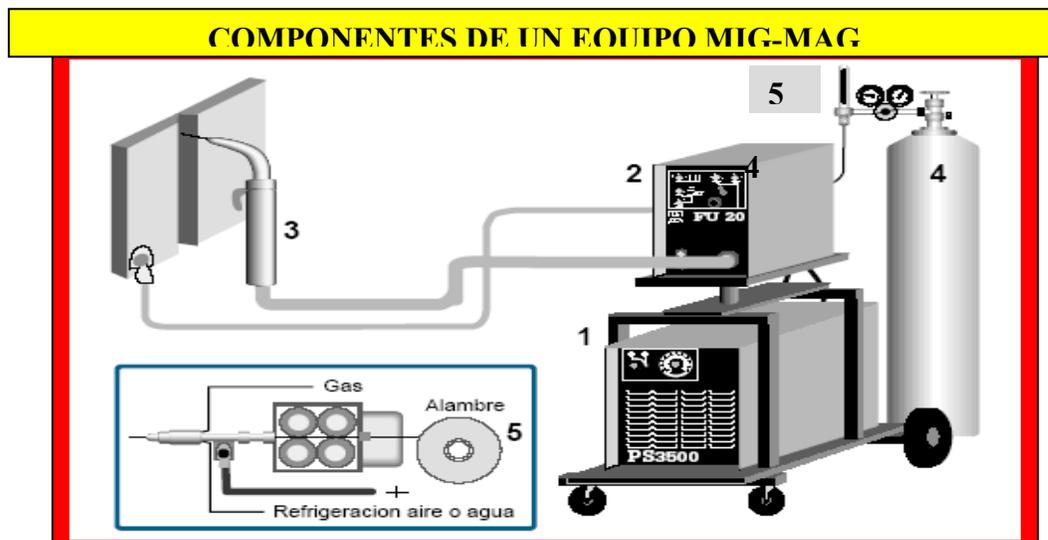
Este Proceso de soldadura eléctrica es conocido como MIG-MAG en la que se usa un Alambre como electrodo consumible de diámetro muy pequeño y protegido por un gas que de acuerdo al metal base puede ser Inerte o Activado. En donde MIG quiere decir: Metal, Gas Inerte y MAG Metal Gas Activado.

Para la realización de este Proceso de soldadura son necesarios los siguientes elementos:

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE SOLDADURA MIG-MAG

1. UNA FUENTE DE PODER ELECTRICA DE CORRIENTE CONTINUA
2. UN ALIMENTADOR DE ALAMBRE CONTINUO
3. ANTORCHA O PISTOLA CON MANGUERA FLEXIBLE Y GUAYA
4. REGULADOR DE PRESION CON FUJOMETRO REGULADOR DE PRESION DE TRABAJO EN BARES
5. CILINDRO DE GAS INERTE O ACTIVO
6. MOTOR IMPULSOR DEL ALAMBRE

En el Proceso GMAW se emplean Fuentes de Energía Eléctrica especiales, llamadas FUENTES RECTIFICADORAS DE POTENCIA CONSTANTE. Estas Maquinas suministran la intensidad adecuada a la velocidad de alimentación de alambre que se establezca. Ejemplo si la velocidad de alimentación aumenta o disminuye, la intensidad varía en el mismo sentido, de la forma que la longitud de arco se mantenga constante.



En cuanto a la regulación de los Parámetros del equipo el Operador realiza los siguientes ajustes:

1. SELECCIÓN DE LA CORRIENTE
2. VELOCIDAD DE ALAMBRE
3. SELECCIÓN DE LA TENSIÓN DESEADA
4. VELOCIDAD FLUJO DE GAS

EL AMBIENTE DE TRABAJO DE LA SOLDADURA MIG-MAG

En la soldadura MIG/MAG, igual que en cualquier otra, el soldador se ve sometido a riesgos de salud, si no toma precauciones especiales. Los riesgos principales que hay tener en cuenta al soldar MIG/MAG son la contaminación del aire en forma de humos y gases y la fuerte radiación del arco voltaico.

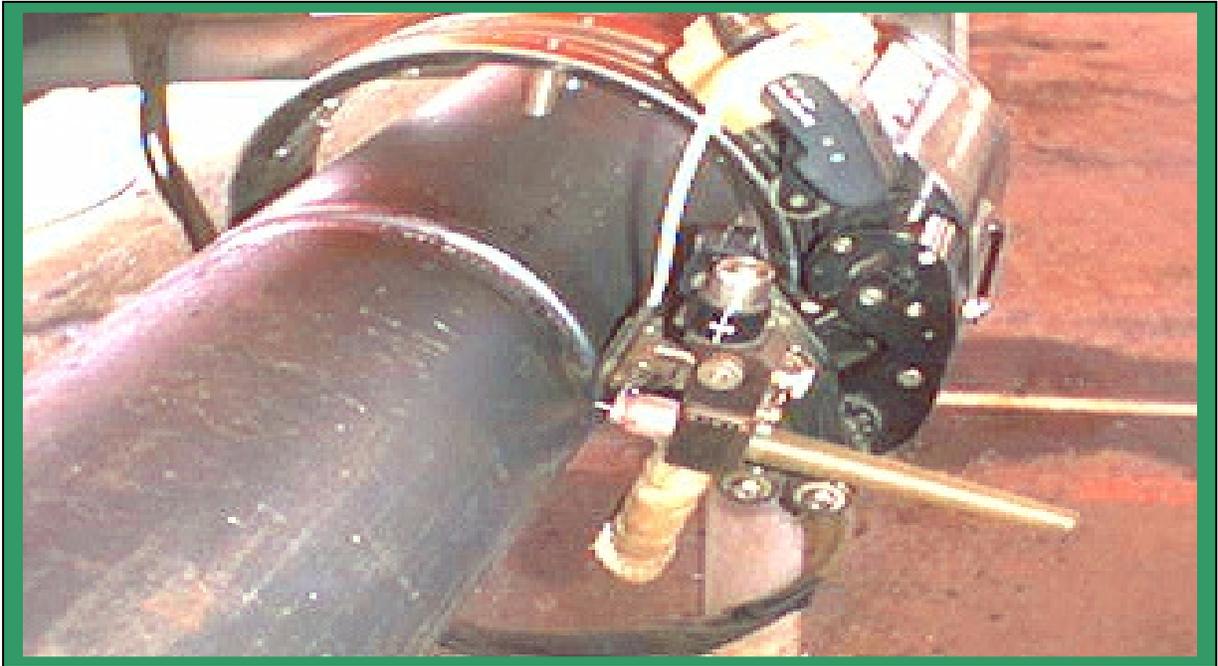
Humos y gases

Las impurezas que se forman al soldar son humos y gases. Los humos se forman al ser vaporizado metal fundido por el arco. El vapor se condensa y oxida cuando entra en contacto con el aire circundante. Por ello las partículas de humo son principalmente óxidos de diferentes sustancias. En la soldadura MIG/MAG es en primer lugar el material de aporte (y el fundente en los electrodos tubulares) lo que determina las sustancias que forman el humo. También las capas que se forman sobre la superficie metálica influyen en la composición del humo. Según las sustancias de que consta, el humo puede ser más o menos tóxico.

Los gases tóxicos contra los que hay que protegerse en la soldadura MIG/MAG son el ozono, los compuestos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno) y el monóxido de carbono. Los gases se forman debido a la temperatura extremadamente alta o a la radiación ultravioleta del arco.

- Con extractores puntuales. Estos captan las impurezas antes de que salgan a las zonas de respiración o se propaguen por el local. Existen diferentes tipos de extractores, por ejemplo los fijos, los montados a la pistola de soldar (ver la figura 18.). El tipo elegido depende de cada situación.
 - Evitando mantener la cabeza en la corriente de humo y gases que se levanta del lugar de soldadura.
 - En casos especiales, por ejemplo al soldar en espacios angostos, utilizando cualquier forma de protección respiratoria, por ejemplo un filtro, un casco de soldador con suministro de aire fresco y aparatos para respirar.
 - Eligiendo el gas de protección adecuado. Para disminuir el contenido del ozono que se forma al soldar, puede utilizarse alguno de los gases MISON de AGA. La cantidad de humos puede reducirse hasta en un 50%, si en lugar de la mezcla de argón con el 20% de dióxido de carbono se usa una mezcla con el 8%.

SOLDADURA MECANIZADA ORBITAL



SOLDADURA MECANIZADA ORBITAL

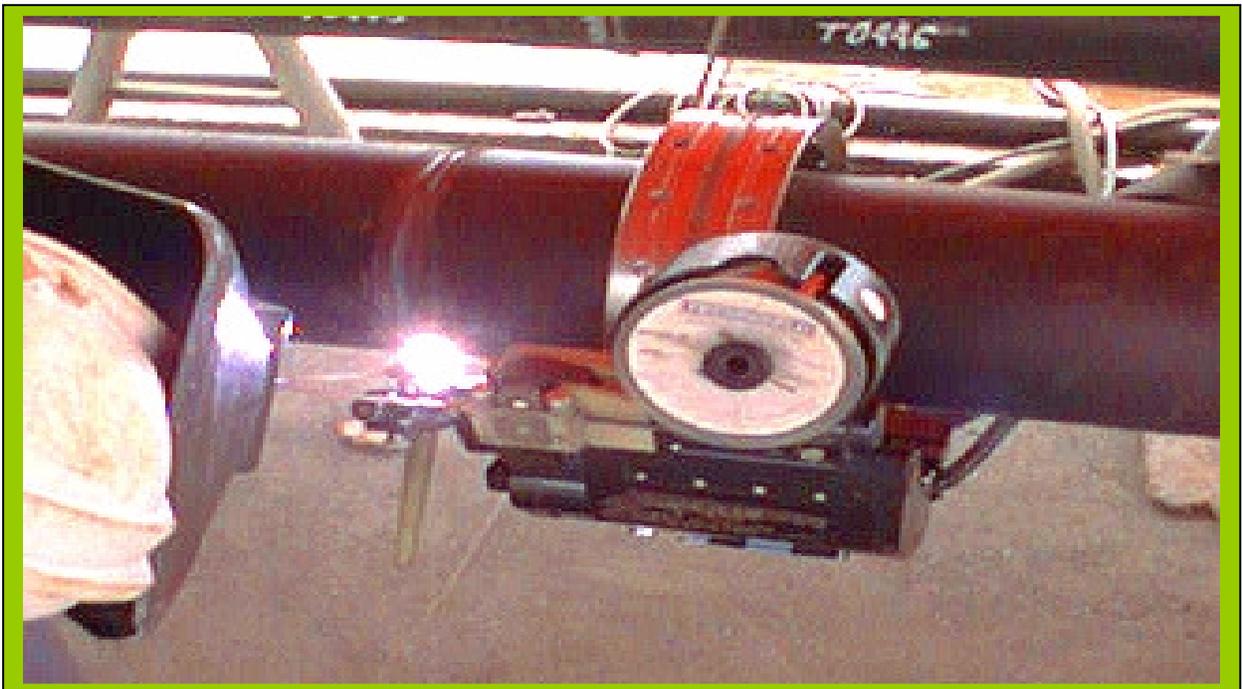


TABLA GUIA DE GASES PARA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO

| Proceso | Material | AGA-MIX 20 | | | | |
|--|--|------------|------------|-------|-------------------------|-----------------|
| | | AGA-MIX 12 | AGA-MIX 32 | Argón | Argón Plus ⁺ | CO ₂ |
| Soldadura TIG | Acero suave y acero de baja aleación | | | | ● | |
| | Acero austenítico de alta aleación (antimagnético) | | ● | X | | |
| | Acero de alta aleación, no austenítico | | | | ● | |
| | Aluminio y sus aleaciones | | | | ● | |
| | Cobre y sus aleaciones | | | | ● | |
| | Titanio | | | | | ● |
| Soldadura MIG | Acero suave y acero de baja aleación | ● | | | | X |
| | Acero de alta aleación | | ● | | | |
| | Aluminio y sus aleaciones | | | | ● | |
| | Cobre y sus aleaciones | | | | ● | |
| | Titanio | | | | | ● |
| Soldadura Por Plasma | Acero suave y acero de baja aleación | | | | ● | |
| | Acero austenítico de alta aleación | | ● | X | | |
| | Acero de alta aleación, no austenítico | | | | ● | |
| | Cobre y sus aleaciones | | | | ● | |
| | Titanio | | | | | ● |
| Gas de respaldo | Acero suave y acero de baja aleación | | | | ● | |
| | Acero austenítico de alta aleación | | ● | X | | |
| | Acero de alta aleación | | | | ● | |
| | Aluminio y sus aleaciones | | | | ● | |
| | Cobre y sus aleaciones | | | | ● | |
| | Titanio | | | | | ● |
| Corte por plasma - El equipo y el material deciden el gas | | | | | | |

FUNCION DE LOS GASES DE PROTECCIÓN EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA GTAW Y GMAW

En el proceso de soldadura MIG-MAG o en cualquiera de los procesos de soldadura Eléctrica con protección gaseosa, el gas se utiliza para proteger el arco, puede producir un efecto apreciable en las propiedades del deposito de soldadura y en la transferencia del arco ya sea por corto circuito o por spray.

GASES DE PROTECCIÓN EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA TIG Y MIG-MAG

EN EL PROCESO DE SOLDADURA TIG se emplea **gas inerte** de protección y dependiendo del tipo de material a soldar los gases pueden ser: **Argón (Ar) Helio (He) Nitrógeno (N₂)** y mezclas de ellos.

LA SOLDADURA MIG utiliza un gas de protección **inerte**

LA SOLDADURA MAG emplea un gas de protección **Activo**. Dependiendo del tipo de metal a soldar el Gas puede ser: **Mezcla de Argón con Dióxido de carbono**. Eje: Para Aceros no aleados y de baja Aleación se emplean **AGA-MIX 28, AGA-MIX 20, AGA-MIX T-55**.

Para Aceros inoxidables se utiliza mezclas de Argón con un bajo porcentaje de Dióxido de carbono o de Oxígeno. Entre ellos están: **El AGA-MIX-22 Y AGA-MIX- 12**.

Para la Soldadura del Aluminio se emplean Argón ó Helio, ó Mezclas de éstos. Eje: Argón = **AGA-MIX 430, Helio = AGA-MIX 470**.

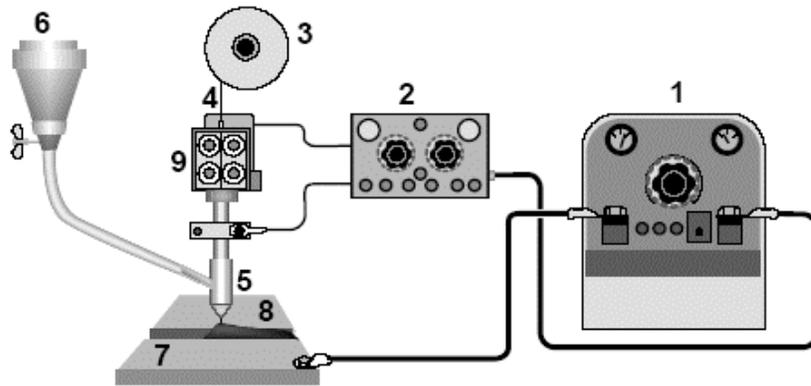
SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

La soldadura por arco sumergido es un proceso semiautomático o automático. Se emplean uno o dos electrodos metálicos desnudos y el arco se protege mediante un suministro independiente de fundente granular fusible. En este proceso como su nombre lo indica el arco no es visible, este está sumergido por el fundente conductor granular de alta resistencia.

La soldadura de arco sumergido fue diseñada para alta producción y se emplea en diseño de juntas rectilíneas y en posición plana. El diseño de la maquina va de acuerdo al tipo de producción. Ejemplo, si se necesita soldar tanques, se diseña un dispositivo con rodillos de movimiento electromecánico para aplicarle giro a la pieza mientras que la maquina está soldando.

Cuando se va soldar una pieza plana y con soldaduras rectilíneas se puede acoplar el movimiento al cabezote de la maquina o a la pieza de trabajo. Este dispositivo es un poco costoso ya que implica la inversión de un montaje estructural estilo puente grúa o transportador, donde va montado ya sea la pieza o el equipo de soldadura.

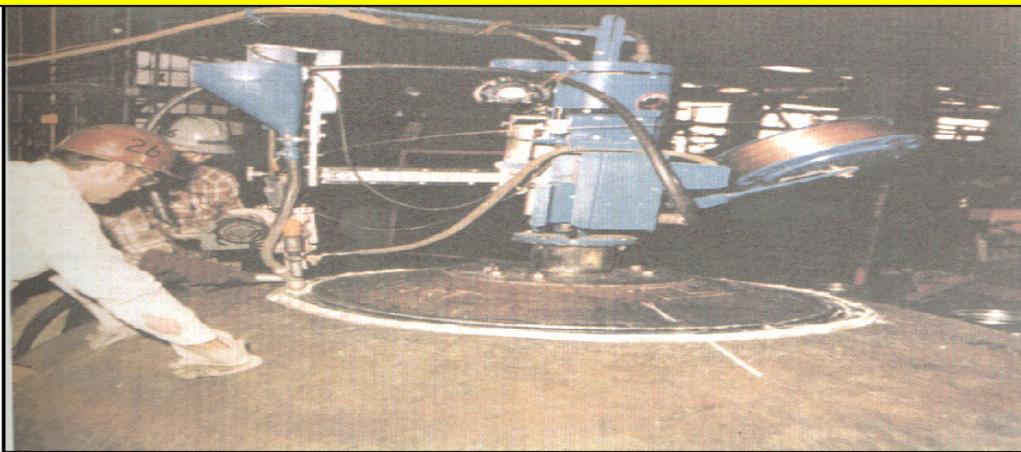
EQUIPO DE ARCO SUMERGIDO



1. Fuente de Poder de CC o CA (100% ciclo de trabajo).
2. Sistema de Control.
3. Porta carrete de alambre.
4. Alambre-electrodo.

5. Tobera para boquilla.
6. Recipiente porta-fundente.
7. Metal base.
8. Fundente.
9. Alimentador de alambre.

SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO



LA SOLDADURA Y LA ENERGÍA

Antes de comenzar a definir los términos de un proceso de Soldadura Eléctrica debemos hacer un breve repaso sobre el tema de la energía, sus cargas eléctricas y los tipos de corriente Eléctrica.

QUE ES ENERGÍA

Para entrar en materia debemos definir primero que es Energía, y para esto explicaremos de una forma sencilla diciendo que **energía es la capacidad de hacer trabajo**, cómo al frotar un peine en el cabello, este adquiere la propiedad de atraer cuerpos ligeros. Al interpretar ésta propiedad decimos que el pine está **Electrizado**, que posee una carga Eléctrica o mejor que está cargado eléctricamente. La energía no se crea ni se destruye simplemente es transformada de un objeto a otro.

ORIGENES DE LA ENERGÍA

El origen y la naturaleza de la energía no se conocen aún, pero podemos decir que existe una íntima relación entre energía y trabajo. Veamos un ejemplo de cómo se genera la energía Eléctrica en una **Central Hidroeléctrica**: Primero que todo se **represa** gran cantidad de agua, se envía desde una altura considerable en caída libre a una turbina que a su vez esta acciona en movimiento de giro un alternador que está equipado y preparado para generar energía eléctrica. Esta energía es acumulada en unas baterías para luego ser enviada en alta tensión (AT), a las subestaciones de centrales eléctricas, en donde la corriente de alta tensión (AT) es transformada en corriente de baja tensión (BT), a través de unos transformadores que regulan la corriente alterna (AT) a: 440, 220 y 110 voltios.

CLASES DE ENERGÍA

Existen varias clases de energía y todas se transforman entre si las mas conocidas en nuestro medio son:

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. ENERGÍA MUSCULAR | 1. ENERGÍA MAGNETICA |
| 2. ENERGÍA POTENCIAL | 2. ENERGIA QUIMICA |
| 3. ENERGIA CINETICA | 3. ENERGÍA TÉRMICA |
| 4. ENERGÍA SOLAR | 4. ENERGÍA ELECTRICA |
| 5. ENERGÍA NUCLEAR | 5. ENERGÍA MECÁNICA |
| 6. ENERGÍA SONORA | 6. ENERGÍA HIDRÁULICA |
| 7. ENRGIA LUMINOSA | 7. ENERGÍA PNEUMATICA |

TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA

La energía puede ser convertida de potencial a cinética muchas veces. Por ejemplo la Fricción transforma la Energía Potencial que es la Fricción que hay entre un cuerpo en movimiento y otro estático, en Energía Calorífica. Ejemplo: la acción que ejercemos en la operación de limado, esmerilado, lijado etc., la fricción que hay entre la lima y la pieza a desbastar se transforma en calorífica.

La energía se mide a través de su Unidad Científica que es el **JULIO**. Este nombre se debe al científico **JAMES P. JOULE**. Inglés que realizó gran investigación en el campo de la electricidad.

Un JULIO es el trabajo que se realiza al levantar el peso específico de una Masa cualquiera a la altura de un metro en contra de la fuerza de la gravedad. Ej: levantar un martillo de 2.5 kg. A una altura de un metro. Esto se expresa de la siguiente manera: $W=2.5$ Julios (el trabajo hecho o la energía es igual a 2.5 Julios

QUE ES ENERGÍA ELÉCTRICA

Es el flujo de electrones a través de un circuito cerrado. Cuando ocurre una pequeña ruptura o apertura del circuito, los electrones que se mueven a gran velocidad, saltan a través del espacio aéreo entre los dos terminales, produciendo una chispa eléctrica. Con la suficiente Presión o voltaje para hacer fluir los electrones continuamente a través de esta apertura.

En Soldadura Eléctrica el arco se forma a través de un circuito eléctrico cerrado donde el electrodo hace las veces de resistencia, derritiéndose junto con la zona a soldar del metal base.

Para conocer la naturaleza de la energía eléctrica debemos conocer primero la estructura interna de los sólidos, líquidos y gaseosos. Pero esta vez nos interesaremos por los sólidos.

Cuando un líquido pasa de la forma líquida a Sólida, los átomos se acomodan de una manera característica a esa sustancia. Para entender mejor el tema veamos el siguiente capítulo.

ATOMOS Y MOLECULAS

Los átomos son estructuras microscópicas y complejas. Son tan pequeñas que el microscopio más potente sólo nos puede dar una ligera idea de ellos.

Un átomo es la parte más pequeña de una sustancia pura que mantiene las características y propiedades de esa sustancia.

Dado que se conocen 104 elementos de sustancias puras se concluye que existen 104 clases diferentes de átomos.

Todos los átomos tienen estructuras similares, pero difieren en tamaño y peso. Por ejemplo el átomo de Hidrógeno (H₂) que es el más pequeño de todos los átomos es el más ligero. Mientras que el átomo de Cobre (Cu) es más pesado que el de Hidrógeno y el de Oro (Au) más grande y pesado que el de Cobre. Todos los átomos a excepción del Hidrógeno están formados por tres partículas básicas a saber:

- **PROTONES**
- **NEUTRONES**
- **ELECTRONES**

LOS PROTONES Y NEUTRONES se encuentran ubicados en una pequeñísima parte de la materia cuyo nombre es el **NÚCLEO** del átomo. Los Protones están cargados positivamente, mientras que los Neutrones como su nombre lo indica son neutros.

EL NÚCLEO de cualquier átomo es el que contiene los **protones y neutrones**. Los protones son de carga positiva y no tienen libertad de movimiento en el núcleo. Los neutrones son de carga negativa. La carga positiva del protón en el núcleo es mayor que la carga total negativa de la nube de todos los electrones girando en dirección del núcleo del átomo.

LOS ELECTRONES son partículas excesivamente pequeñas y ligeras que siempre están girando a grandes velocidades alrededor del Núcleo, formando una Nube de Electrones y están cargados negativamente. Muchos de estos Electrones son de enlace, porque no pueden separarse del núcleo a menos que una gran fuerza los obligue. Los átomos tienen diferentes tamaños y peso.

LOS ELEMENTOS

Son sustancias que consisten en una sola clase de átomos. Por ej: el Carbono (C), Hierro (Fe) Cinc (Zn), Oxígeno (O₂), Niquel (Ni), Plata (Ag), Aluminio (Al), Cobre (Cu), Oro (Or).

LAS MOLECULAS

Son compuestos que están constituidos por **racimos de diferentes átomos**. Entre otros tenemos: Hielo, Azúcar, Porcelana, Yeso, Sal, Vidrio, Hule, Plástico, Mica etc.

Existen dos tipos de Carga Eléctrica llamados **CARGA NEGATIVA** y **CARGA POSITIVA**, lo que representa que un cuerpo cargado negativamente ha adquirido alguna cosa, mientras que otro cargado positivamente ha perdido algo de la misma cosa.

Las cargas eléctricas no son engendradas ni creadas, sino que el proceso de adquirir una carga eléctrica consiste en ceder algo de un cuerpo a otro, de tal manera que, uno de ellos tenga un exceso y el otro un déficit de ese algo. Ese algo, son porciones muy pequeñas de energía negativa llamada **ELECTRONES**, y son uno de los constituyentes esenciales de la materia.

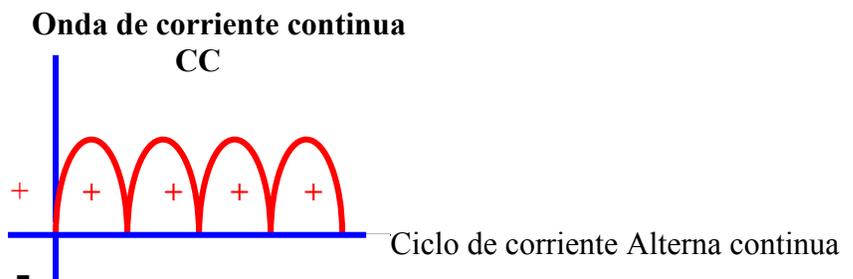
Al perder el átomo uno o más electrones, queda con carga positiva que se denomina **ION POSITIVO** y si por el contrario gana esos Electrones, se denomina **ION NEGATIVO**.

Una partícula cargada negativamente es atraída por una carga positiva y a su vez repele otra carga negativa ó viceversa. La presencia de una partícula cargada, bien sea positiva ó negativa genera un **CAMPO ELÉCTRICO** capaz de atraer o repeler con una fuerza determinada a otra partícula cargada eléctricamente.

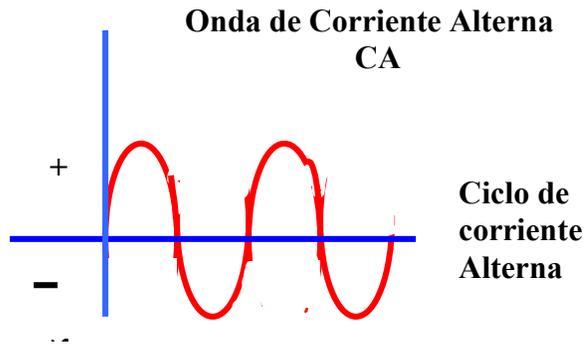
CONDUCTORES DE ENERGÍA:

Son cuerpos en cuyo interior hay cargas libres que se mueven por la fuerza ejercida sobre ellos por un campo Eléctrico. Este movimiento constituye una corriente. Las cargas libres en un conductor metálico son **ELECTRONES** y en un GAS o liquido en condiciones apropiadas las cargas libres son **IONES POSITIVOS**, **IONES NEGATIVOS** y **ELECTRONES LIBRES**.

Si el campo siempre tiene el mismo sentido (positivo – negativo) la corriente se denomina **CONTINUA (CC)**.



Si el Campo se invierte periódicamente el flujo de carga se invierte también y la corriente es **ALTERNA (CA)**.



PROPIEDADES DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Las tres propiedades de importancia en la Electricidad son:

1. **E** – **VOLTAJE** = **Fuerza Electromotriz**
2. **I** – **AMPERAJE** = **Intensidad**
3. **R** – **WATIAJE** = **Resistencia en (Ohmios)**

QUE ES EL VOLTAJE (E)

Es la fuerza Electromotriz que empuja una cantidad considerable de Electrones a través de un conductor o medio de energía conocida como corriente eléctrica. El medio conductor debe poseer una resistencia al bombardeo de electrones, fuerza impulsada por el voltaje.

El VOLTIO es la unidad de la Fuerza Electromotriz (F.E.M. = VOLTAJE)

NOTA: si no hay voltaje no existe Fuerza Electromotriz y por tanto no habrá corriente.

QUE ES EL AMPERAJE (I)

Amperaje representa en la corriente eléctrica la cantidad de Electrones que fluyen a través de un medio conductor. Esta medida o cantidad de electrones la representamos con el prefijo (I), que a su vez quiere decir AMPERIOS. (I)

QUE SON LOS WATIOS (R)

El watio representa en la energía eléctrica la resistencia que ofrece un medio conductor de electrones. Los watos designa la capacidad en OHMIOS de un medio conductor de la energía.

W = R = OHMIOS.

LEY DE OHM

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

En el año 1827 el Físico Alemán GEORG S. OHM publicó una ecuación sencilla que explicaba la exacta relación entre el voltaje, corriente de electrones y resistencia. Esta Ecuación conocida como ley de ohm, se ha convertido en poderosa herramienta mental para los técnicos en electricidad y electrónica.

La ley de ohm permite predecir lo que sucederá en un circuito eléctrico antes de construirlo.

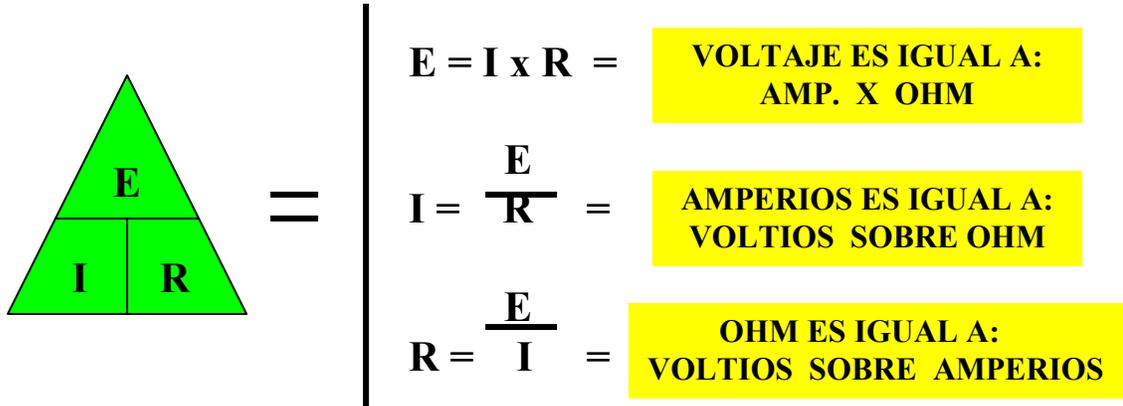
Con la ley de ohm podemos hallar las tres cantidades eléctricas como son: AMPERAJE, VOLTAJE Y WATIAJE.

LA LEY DE OHM DICE ASI:

La cantidad de corriente de Electrones (AMPERIOS), que fluye en un circuito eléctrico es directamente proporcional al VOLTAJE aplicado e inversamente proporcional a la RESISTENCIA del circuito . (INTENSIDAD =I, FUERZA = E, RESISTENCIA =R)

TRIANGULO DE OHM

La ley de ohm establece que se requiere de una intensidad de electrones, de una fuerza electromotriz y de un medio conductor que resista el bombardeo de electrones. En donde los electrones son la corriente eléctrica representada por el AMPERAJE (I), la fuerza elctromotriz es el VOLTAJE representado por la letra (E) y la resistencia la representa el WATIAJE con el prefijo (R).



E = FUERZA ELECTROMOTRIZ (VOLTIOS)

I = INTENSIDAD DE CORRIENTE (AMPERIOS)

R = RESISTENCIA (WATIOS)

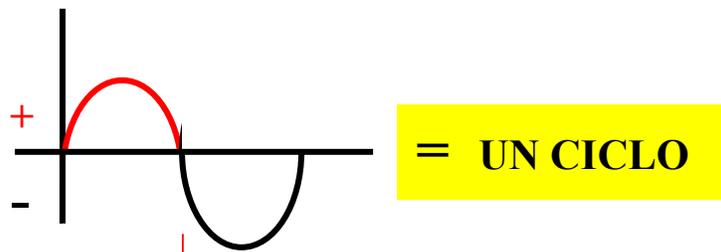
CLASES DE CORRIENTE Y SUS ORIGENES

CORRIENTE ALTERNA (CA)

El fluido de los electrones varía de una dirección , a la opuesta. Este cambio de dirección se efectúa 100 a 120 veces por segundo. El tiempo comprendido entre los cambios de dirección de positiva a negativa, se conocen con los nombres de ciclo o periodos y van de 50 a 60 ciclos.

La corriente tomada directamente de la comitada o de la calle es corriente alterna. La onda de la corriente alterna es SINUSOIDE y va del polo positivo al negativo a una velocidad de 100 a 120 veces por segundo.

Onda Sinusoide de Corriente Alterna CA.



La corriente alterna (CA) de las redes principales puede transformarse en corriente continua (CC) con un **Moto-generador**, con un **Transformador-Rectificador de silicones** el cual es más eficiente que el **Moto-generador**

VENTAJAS DE LA CORRIENTE ALTERNA (CA)

Los transformadores para soldar con corriente alterna CA. Son más económicos, consumen menos energía eléctrica y son más eficientes que los generadores de corriente continua CC, o un transformador Rectificador. Estos equipos de corriente alterna requieren de menos mantenimiento.

El arco de corriente alterna es menos susceptible al soplido magnético aún cuando el electrodo esté descentrado.

El soplo magnético se refiere a un fenómeno frecuente en el arco eléctrico que tiende a cambiar la dirección del mismo de un lado a otro, lo que hace difícil el control del depósito. Esto se debe a fuerzas magnéticas alrededor del electrodo que fuerzan el arco eléctrico a ir en direcciones diferentes a las deseadas, atrasándose o adelantándose.

Esto sucede frecuentemente en trabajos donde las chapas a soldar son demasiado gruesas y el diseño de los biselados es demasiado profundo, tan bien sucede cuando se suelda cuando se suelda dentro y alrededor de esquinas, en vertical descendente, y en soldaduras con numerosas piezas y de complicado diseño.

CORRIENTE CONTINUA (CC)

El flujo de los electrones conserva siempre una sola dirección y va del polo positivo al negativo. En soldadura se usan dos clases de corriente continua: con polaridad normal o directa (el electrodo va conectado al polo negativo), con polaridad invertida (el electrodo va conectado al polo Positivo)

VENTAJAS DE LA CORRIENTE CONTINUA (CC)

La corriente continua tiene mayor estabilidad de arco que la corriente alterna, debido a que los cambios de polaridad en la corriente alterna tienden a hacer cambiar la dirección del arco. Sin embargo nuevos tipos de revestimiento han producido electrodos con mayor estabilidad en el arco con corriente alterna que con corriente CC.

Cuando se suelda con corriente continua (CC) y polaridad negativa (directa), hay mayor Penetración ya que los electrones fluyen de la pieza de trabajo al extremo del electrodo generándose más calor en la junta. Y cuando se suelda con corriente continua polaridad positiva o (invertida) hay menos penetración debido a que hay menos calor en la pieza de trabajo ya que los electrones fluyen del extremo del electrodo a la pieza de trabajo.

Por la misma razón la corriente continua da un cordón más fluido y caliente, puesto que el electrodo se funde más rápidamente (alta velocidad de depósito), y el metal de aporte se solidifica con la misma

LA CORRIENTE CONTINUA CON POLARIDAD POSITIVA

Es recomendada para hierro fundido (HF) y metales no ferrosos, donde se desea que el metal base no se recaliente. La corriente continua tan bien es recomendada para recargas duras con electrodos de bajo hidrógeno básico

QUE ES POLARIDAD

El termino Polaridad describe la conexión del porta-electrodo en relación con las terminales de la fuente de potencia de corriente continua (Maquina de soldar). Es sabido que los electrones al cerrarse el circuito fluyen a través del polo negativo y regresan a la maquina por el polo positivo. Esto es lo que conocemos como polaridad. Las maquinas de soldar transformadores de corriente alterna no tienen polaridad definida, es por esto que invertimos los cables porta electrodo y masa para poder soldar con electrodos que exigen trabajar con polaridad invertida.

CLASES DE POLARIDAD

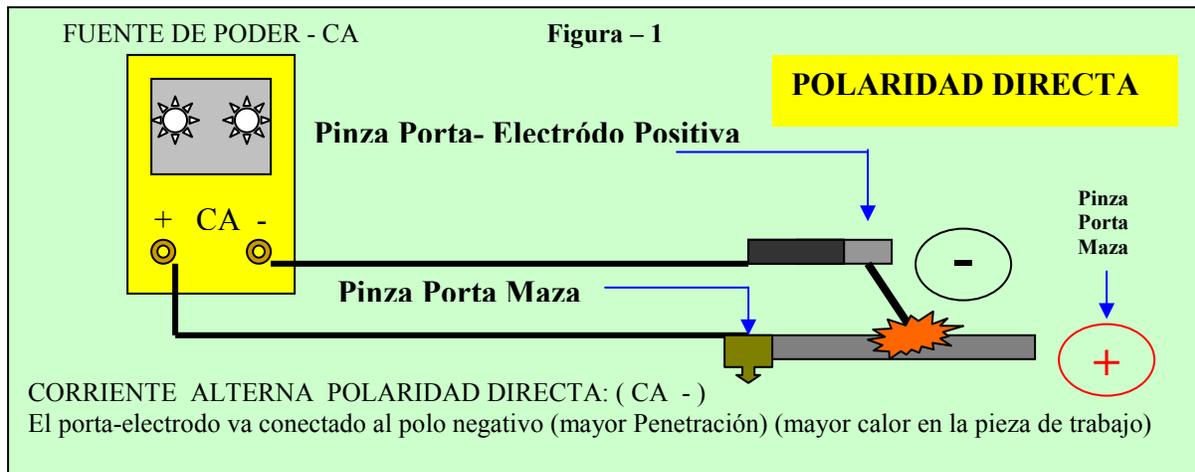
En el proceso de soldadura eléctrica con electrodo manual revestido se presentan dos tipos de polaridad y esta se selecciona de acuerdo al tipo de electrodo a emplear. Dichas polaridades son a saber:

- **POLARIDAD DIRECTA**
- **POLARIDAD INVERTIDA**

POLARIDAD DIRECTA: (PD)

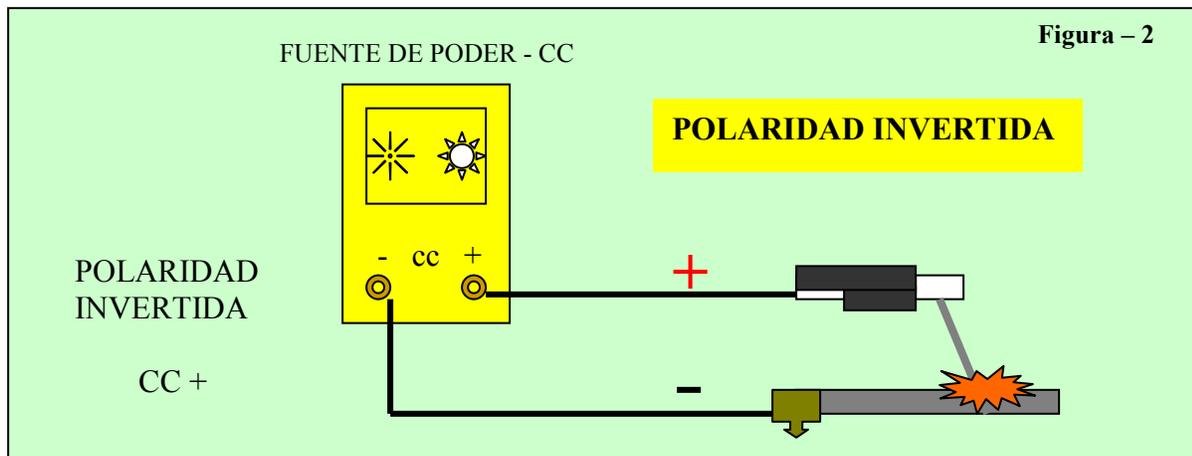
El cable Porta Electrodo va conectado al borne Negativo de la maquina.

La Corriente Alterna con polaridad negativa, (CA -) se usa para electrodos Rutílicos.



POLARIDAD INVERTIDA: (PI)

En este tipo de polaridad el Cable Porte-electrodo va conectado al borne del Polo Positivo y el Cable porta Masa va conectado al Polo Negativo (menor Penetración) (mayor calor en el Electrodo)
CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD INVERTIDA: (CC +)



NOTA: en algunas maquinas de Soldar, la polaridad puede cambiarse por medio de una palanca o selector de polaridad instalado en el panel frontal de esta, lo cual evita el tener que estar cambiando los cables tierra y masa de un lugar a otro en los bornes de la maquina.

CONDUCTORES SEMICONDUCTORES Y AISLANTES

CONDUCTORES

Todas las sustancias que conducen la electricidad con facilidad son llamadas conductores. Entre los conductores de la electricidad tenemos:

- LOS METALES
- EL AGUA
- EL CUERPO HUMANO

SEMI CONDUCTORES

El termino semiconductor puede mal interpretarse ya que estos no son conductores a medias como el nombre lo indica. Un semiconductor puro puede tener las características de un conductor o un aislante dependiendo de su temperatura y de la fuerza electromotriz aplicada.

El silicio puro es un semiconductor que a la temperatura normal no tiene electrones libres, todos están unidos a sus respectivos átomos.

El silicio puro a la temperatura ambiente es un aislante. Si su temperatura se eleva hasta cierto valor critico, se vuelve conductor. existen solo tres semiconductores puros a saber:

- EL CARBONO
- EL GERMANIO
- SILICIO

AISLANTES

Los materiales que ofrecen gran resistencia al flujo de electrones son llamados aislante. Los aislantes son sustancias que no conducen la electricidad en condiciones normales. En este gran grupo se encuentran muchos compuestos no metálicos tales como:

- LA PORCELANA
- EL VIDRIO
- LA MADERA SECA
- EL CAUCHO
- LA TELA

EL ARCO ELÉCTRICO

Es una corriente de Electrones que fluye continuamente a través de un medio gaseoso. El arco se forma al cerrarse el circuito eléctrico que se establece entre el extremo del electrodo y la pieza a soldar, generando una luz y calor intensos. Este calor hace que el electrodo y la zona a unir de la pieza se fundan homogéneamente.

El intenso calor generado en el arco eléctrico se debe a la gran energía cinética o a la altísima velocidad de los millones de electrones y al choque de los iones entre sí.

El total del calor desarrollado por el arco eléctrico es aproximadamente igual al:

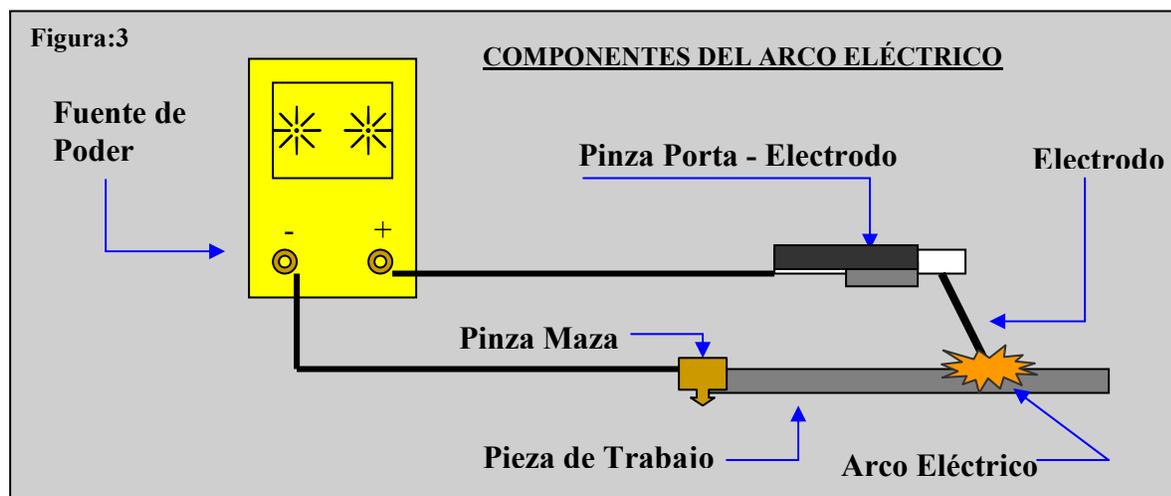
VOLTAJE X AMPERAJE X TIEMPO DE ENCENDIDO.

- el voltaje se expresa en kilovatios
- la corriente en amperios
- el tiempo en segundos.

COMPONENTES DEL ARCO ELECTRICO (Fig - 3)

Un circuito completo es establecido y consiste en los siguientes accesorios:

- **Una Fuente de poder Constante (Maquina de Soldar)**
- **Cables de Conexión (Positivo y Negativo)**
- **Pinza Porta Electrodo**
- **Pinza Masa**
- **Electrodo**
- **Pieza de trabajo**

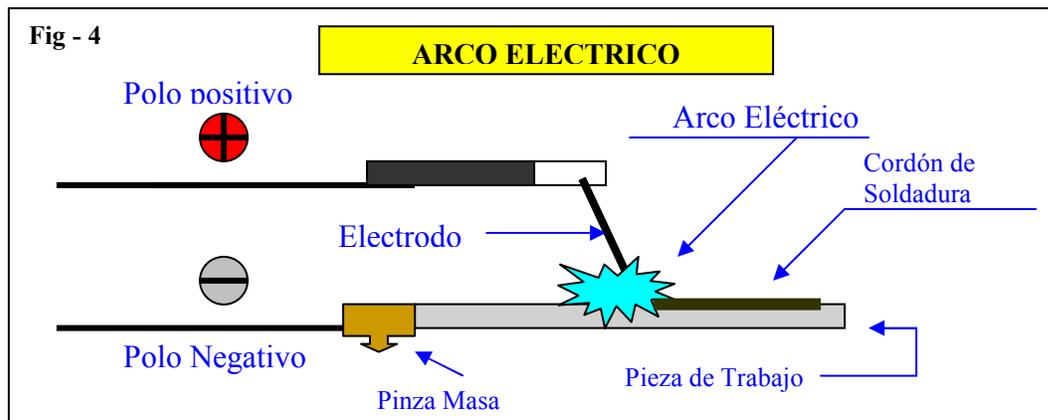


COMO SE GENERA EL ARCO ELECTRICO

El circuito que se establece entre el polo positivo y el negativo de la fuente de poder se cierra momentáneamente al hacer contacto la punta del electrodo con la pieza de trabajo y retirándolo inmediatamente a una altura igual a dos veces el diámetro del electrodo o menos, formándose de esta manera un Arco Eléctrico.

El calor que genera el arco eléctrico funde un área restringida del metal base y el extremo del electrodo, formando pequeños glóbulos metálicos, los cuales son transferidos al metal base por fuerza electromagnética y no por gravedad

El resultado de la fusión de dichos metales y su solidificación es la formación de un cordón de soldadura metálico.



ESTABILIDAD DEL ARCO

Se necesita un arco estable para aplicar cordones de soldadura de calidad. Cuando trabajamos con un arco inestable se generan defectos como por ejemplo fusión incompleta, inclusiones de escorias, porosidad etc. La inestabilidad del arco la produce los siguientes factores:

1. SOPLO MAGNETICO
2. MANIPULACIÓN DEL ELECTRODO INCORRECTA
3. POLARIDAD INADECUADA
4. TIPO DE CORRIENTE INDEBIDA
5. BISELES MUY PROFUNDOS
6. ELECTRODO DESCENTRADO

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESTABILIDAD DEL ARCO

1. EL VOLTAJE DE CIRCUITO DE LA FUENTE DE POTENCIA
2. LAS CARACTERÍSTICAS DE RECUPERACIÓN DE VOLTAJES TRANSITORIOS DE LA FUENTE DE POTENCIA
3. EL TAMAÑO DE LAS GOTAS DE METAL DE APORTE FUNDIDOY ESCORIA EN EL ARCO
4. LA IONIZACION DEL TRAYECTO DEL ARCO DESDE EL ELECTRODO HASTA LA PIEZA DE TRABAJO.
5. LA MANIPULACIÓN DEL ELECTRODO

NOTA: Los dos primeros factores tienen que ver con el diseño y las características de operación de la fuente de potencia. Los dos que siguen son funciones del electrodo. La última representa la habilidad del soldador.

QUE ES EL SOPLO MAGNETICO

el soplo magnético o golpe del arco se presenta con mayor frecuencia al soldar con corriente continua (CC) materiales magnéticos (Hierro y Níquel).

El Soplo Magnético puede ocurrir con corriente alterna (CA) en ciertas condiciones, pero estos casos son poco frecuentes y la intensidad del golpe siempre es mucho menos severa.

La corriente continua, al fluir por el electrodo y el metal base, crea campos magnéticos alrededor del electrodo que tienden a desviar el arco del trayecto deseado.

El arco puede desviarse lateralmente, pero lo mas común es que desvíe hacia delante o hacia atrás a lo largo de la junta.

El golpe o soplo magnético hacia atrás se presenta cuando se suelda hacia la conexión con la pieza de trabajo cerca del extremo de la unión o en una esquina.

El golpe o soplo magnético hacia delante se presenta cuando se suelda alejándose del cable al principio de la unión.

COMO SE EVITA EL SOPLO MAGNETICO

Reducir el amperaje, alejar la toma de tierra lo más lejos posible de la soldadura, si el soplo magnético se genera en dirección contraria al avance, coloque la masa al principio de la soldadura y si sopla en dirección de avance coloque la masa al final de la soldadura. Mantenga el arco tan corto como le sea posible, cambie de corriente continua a alterna.

NOTA: Al trabajar con un equipo de soldadura tipo Transformador debemos conectar el cable porta Electrodo en el borne negativo y el cable de maza en el borne positivo.

FUENTES DE PODER DE CORRIENTE CONSTANTE

MAQUINAS DE SOLDAR

Debido a que el voltaje que suministran las compañías de energía eléctrica para fines industriales es demasiado alto para usarse en soldadura por arco, se han diseñado ciertas fuentes de poder constante o en su defecto MAQUINAS DE SOLDAR POR ARCO ELECTRICO.

Son aparatos eléctricos capaces de mantener un campo eléctrico constante determinado entre dos terminales. Existen varios tipos de fuentes de poder y los hay de corriente alterna, corriente continua y de ambas. En las maquinas de Soldar de corriente continua CC., estos terminales se denominan POLO POSITIVO (+) y POLO NEGATIVO (-).

En las maquinas de Soldar de corriente alterna CA., no es posible diferenciar los cables por sus polos debido a que la Electricidad fluye la mitad del tiempo en un sentido y la otra mitad en sentido opuesto, cambiando de dirección 120 veces por segundo.

PROPIEDADES DE LAS MAQUINAS DE SOLDAR

- Rebajar el Voltaje de la red Eléctrica de (110, 220, o 440) a 45 ó 90 voltios a un voltaje en circuito abierto (**voltaje entre los dos terminales + y – de la maquina**), que permita iniciar el Arco.
- Reducir el voltaje automáticamente entre 15 y 45 voltios cuando se cierra el circuito entre el electrodo y la pieza a soldar dependiendo de la longitud del arco y esto se denomina **VOLTAJE DE ARCO**.

VARIEDAD DE MAQUINAS DE SOLDAR

Para realizar la Función de Soldadura se requiere de un transformador de corriente alterna, un rectificador de corriente continua o un motor-generador ya sea de corriente o de combustión interna de Gasolina ó ACPM.

La salida de corriente de una fuente de poder es por lo general del orden de 30 a 1500 amperios, y esta puede ser corriente alterna, continua o de ambas. Estas maquinas de soldar pueden tener también un modo de salida de pulsos.

Los transformadores solo proporcionan corriente alterna, mientras que los transformadores rectificadores generan corriente continua o de ambas y los motor-generadores proporciona corriente continua. Los motores alternadores generan corriente alterna, pero cuando están acoplados a un rectificador la salida de corriente es continua.

Las maquinas que se emplean para soldar con el proceso TIG, incluyen ciertas características especiales tales como control remoto, estabilizador de alta frecuencia, capacitor de pulsos de corriente, capacidad de balanceo de onda y compensador de voltaje. Control de corriente, controles convencionales típico y un panel de controladores para regular los parámetros tales como: Amp., Vol., Alta frecuencia, microprocesadores, semiconductores de control de inversores etc.

A diferencia de otros aparatos eléctricos, la mayoría de las maquinas de Soldar no trabajan continuamente debido al calentamiento de sus elementos, y esto se denomina ciclo de trabajo.

CICLO DE TRABAJO NOMINAL (C1)

Es la relación entre el tiempo que la maquina puede trabajar en su máximo rango de Amperaje y el tiempo que debe descansar. Convencionalmente se expresa en porcentaje con base a 10 minutos de observación. La siguiente formula permite calcular los ciclos de trabajo en función de las intensidades de corriente.

$$C_1 I_{2,1} = C_2 I_2$$

C1 = Ciclo de trabajo nominal

I₁ = Intensidad nominal

I₂ = Intensidad referida

C₂ = Ciclo de trabajo desconocido

Por ejemplo: un equipo de soldadura tiene una capacidad de trabajo de 220 amp al 60%.

¿Que ciclo de trabajo tendrá si se opera con 250 amp. ?

$$C_2 = (220 / 250) \times 60 = 46\%$$

Esto quiere decir que ese equipo se puede operar con 250 amperios durante 4.6 minutos de cada periodo de 10 minutos.

Una Maquina con un ciclo de trabajo de 60% es la que puede trabajar 6 minutos de cada 10, al máximo rango de amperaje.

Ahora bien, si se requiere trabajar con ese mismo equipo al 100%, ¿cual será la máxima intensidad de corriente ?

$$I_2 = \sqrt{(C_1 / C_2)} \times I_1 = I_2 = \frac{\sqrt{60}}{100} \times 220 = 170 \text{ Amp.}$$

El ciclo de trabajo de una maquina de soldar da una idea del tiempo que puede trabajar la maquina en operación normal, si este se excede la maquina se calienta y el electrodo se apaga o no funciona correctamente, lo que ocasiona sueldas defectuosas y de mala calidad.

CLASES DE MAQUINAS DE SOLDAR

Existen varias clases de maquinas de Soldar, se diferencian unas de otras por el tipo de corriente que estas suministran (ALTERNA ó CONTINUA), y por la manera como ésta es obtenida.

Las Maquinas de soldar se clasifican en dos grupos a saber:

- Estáticas
- y
- Rotativas

MAQUINAS ESTATICAS

Son las que no tienen ningún elemento con movimiento continuo, y las hay de tres Posibilidades a Saber:

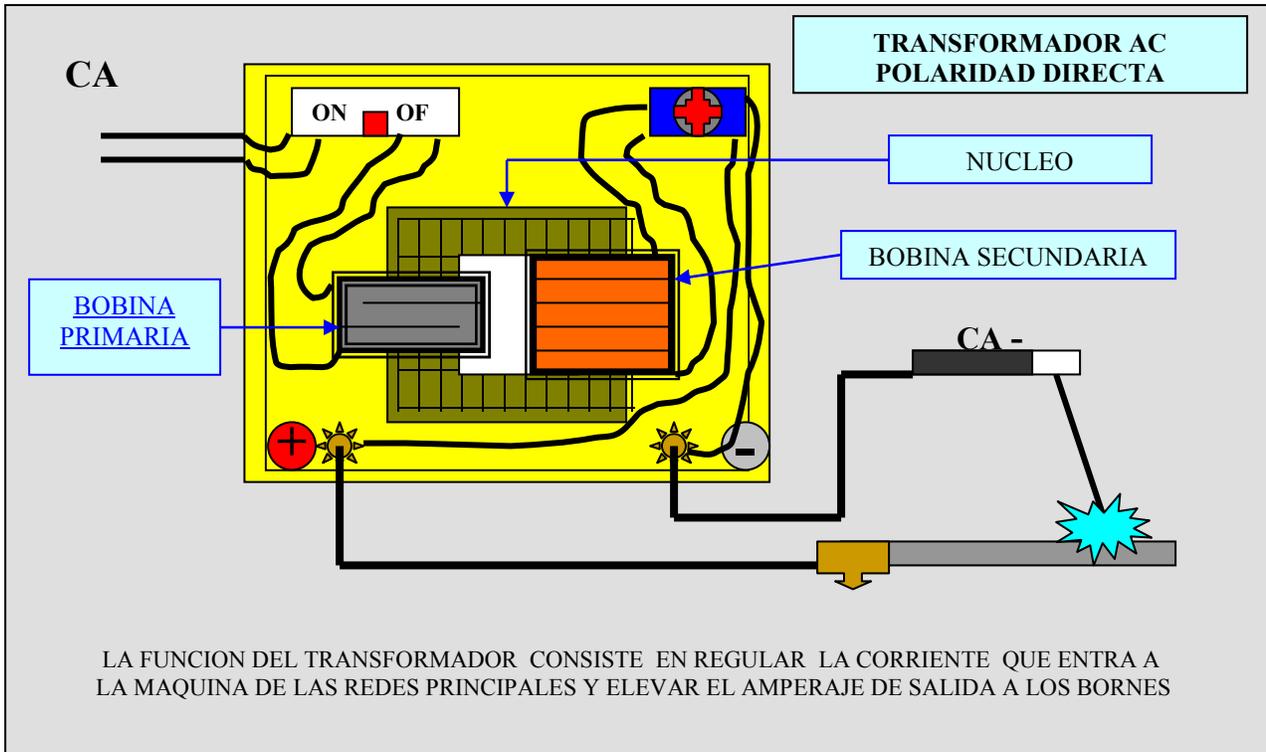
1. MAQUINAS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE ALTERNA (CA)
2. MAQUINAS RECTIFICADORAS DE CORRIENTE CONTINUA (CC)
3. MAQUINAS TRANSFORMADORAS RECTIFICADORAS DE (CA y CC)

MAQUINAS TRANSFORMADORAS DE (CA)

Las maquinas estáticas de corriente alterna son básicamente transformadores que reducen el voltaje de la red principal y aumenta el Amperaje a través de unos dispositivos que estabilizan el flujo de corriente a un voltaje que permita soldar y consiste en el montaje de **dos bobinas primaria y secundaria en un núcleo metálico magnético** construido en placas de cilicio. La bobina primaria esta construida en un filamento de cobre de mayor diámetro que el de la secundaria por este motivo lleva menos vueltas.

Las bobinas están enrolladas a lado y lado del núcleo y la función de la primaria es reducir el voltaje que entra al transformador de la red primaria, enviarla a la bobina secundaria a través del núcleo. La función del núcleo es la de convertir la energía eléctrica en magnética y enviarla a la bobina secundaria. La bobina secundaria es mas grande, su filamento es mas delgado y tiene mayor numero de vueltas que el de la primaria. La función de estas bobinas es reducir el voltaje de entrada a la maquina y aumentar el amperaje de salida al porta electrodo, proporcionando mayor calor en el arco

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE ALTERNA



TRANSFORMADOR RECTIFICADOR DE CA Y CC.

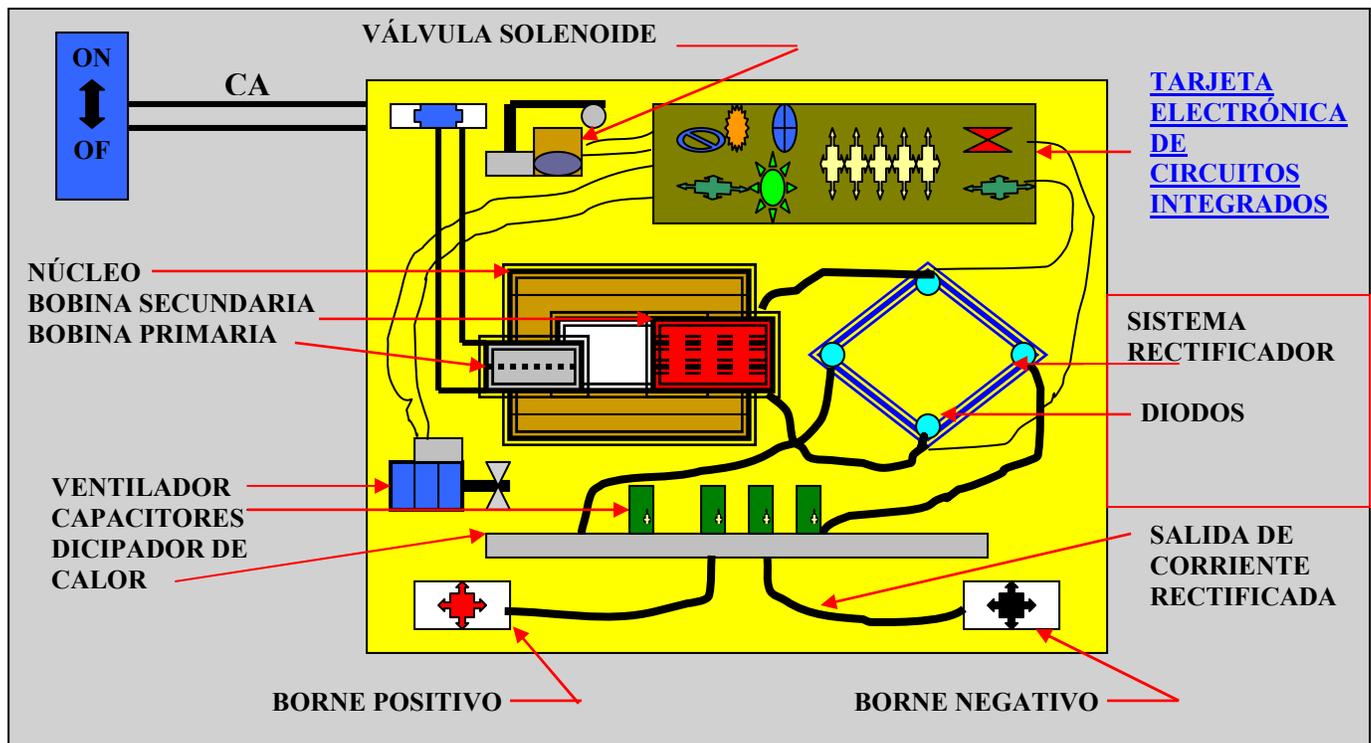
Las maquinas transformadoras rectificadoras son fuente de poder que se diferencian del transformador básico por tener montado adicional a las **dos bobinas primaria y secundaria** y su **núcleo**, un dispositivo que rectifica la corriente alterna convirtiéndola en corriente continua.

Su principio de funcionamiento es el mismo del transformador básico, reducir el voltaje de la red principal y aumentar el Amperaje a través de sus **bobinas**

En estas maquinas la corriente alterna es rectificada a través de un circuito cerrado compuesto por unos diodos que controlan el paso de la corriente eléctrica, separando los electrones de carga negativa, de los protones que son de carga positiva y utilizando sólo la corriente que necesita. La corriente que sale a los bornes (porta electrodo y masa) es la misma corriente alterna pero rectificada.

Los diodos son componentes de dos terminales cátodo y ánodo que permiten la circulación de la corriente en un solo sentido. Están formados por materiales semiconductores como el silicio y el germanio.

TRANSFORMADOR RECTIFICADOR



Los transformadores rectificadores además traen un banco de recuperación de potencia compuesto por los capacitores que van montados en un disipador de calor, accesorio de aluminio o silicio que sirve de base para el montaje de los diodos, capacitores y tiristores, que son los que rectifican la corriente alterna, un circuito de alta frecuencia que automatiza y eleva el amperaje para facilitar la operación de soldaduras en metales no ferrosos tales como el aluminio y sus aleaciones; una válvula solenoide que controla la salida del gas de protección en la soldadura Tig y Mig, un motor ventilador que refrigera el sistema de transformadores, núcleo, diodos y disipador de calor.

Estas máquinas rectificadoras de alta frecuencia son controladas por unas tarjetas electrónicas de circuitos integrados protegidas por fusibles contra sobrecargas eléctricas. En el grupo de las rectificadoras se encuentran las máquinas de soldar multipropósito Tig, Mig y Stick.

CLASES DE DIODOS

Los diodos sirven para controlar el paso de la corriente eléctrica en un solo sentido y están formados por materiales semiconductores como el silicio o el germanio. Los diodos son componentes de dos terminales cátodo y ánodo. (positivo y negativo).

Los diodos se clasifican en:

- **RECTIFICADORES**
- **DE CONMUTACIÓN**
- **ESTABILIZADORES DE TENSIÓN**
- **ELECTROLUMINISCENTES O DIODOS LED**
- **DE CAPACIDAD VARIABLE**

QUE SON LOS CIRCUITOS INTEGRADOS

Son elementos formados por muchos componentes, activos y pasivos, reunidos en un solo encapsulado realizando funciones específicas. Su identificación está impresa en el cuerpo del componente el número de terminales de acuerdo a las funciones que realice el circuito.

Como ejemplo tomamos un microprocesador que en un solo componente agrupa a miles de transistores, diodos y resistencias.

En una máquina de soldar TRANSFORMADOR RECTIFICADOR las tarjetas electrónicas de circuitos integrados ejercen las funciones de: recibir y enviar señales de mando y alimentación de energía a la válvula solenoide, el ventilador de refrigeración, al motor-reductor de del alimentador de alambre a los led de señal de encendido y apagado, a los reostatos que regulan el voltaje y amperaje como tan bien le envía la señal al switch de encendido de alta frecuencia en la pistola del Tig y a la pistola de alimentación de alambre.

MAQUINAS DE SOLDAR ROTATIVAS

Se caracterizan porque tienen elementos de rotación continua que mueven un dinamo o generador de corriente. Las máquinas de soldar rotativas se clasifican en dos grupos a saber:

- **GENERADORES ELÉCTRICOS (Convertidores)**
- **MOTO-GENERADORES DE COMBUSTION**

GENERADORES ELÉCTRICOS (Convertidores)

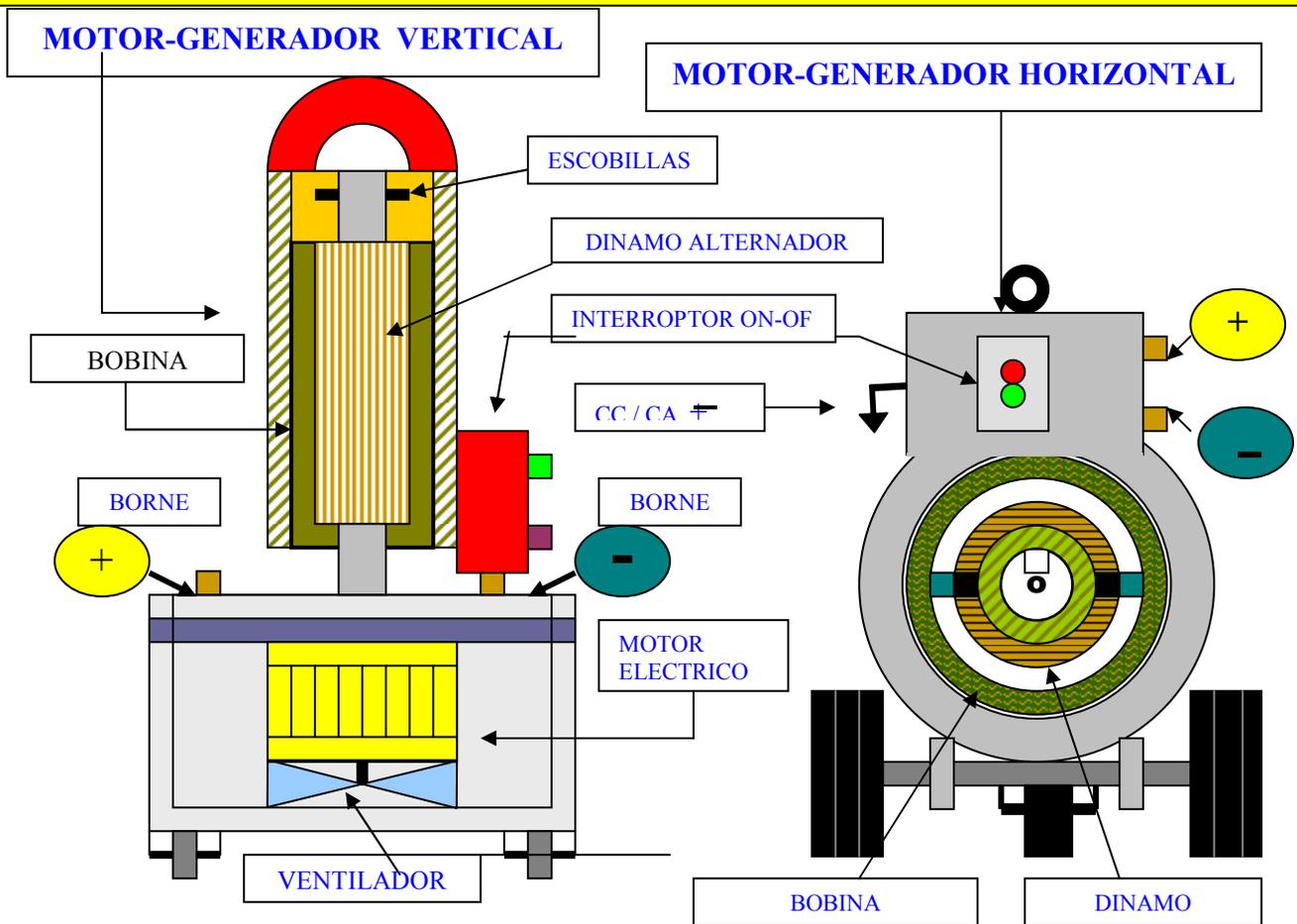
Son máquinas generadoras de corriente continua que obtienen su movimiento de giro a través de un motor eléctrico de corriente alterna. Estos generadores son alimentados con la energía de la red primaria con corriente alterna.

El motor que va ensamblado al generador de corriente continua trabaja con corriente alterna a 220 o 440 voltios.

Los generadores de corriente continua se ensamblan de dos formas:

- **VERTICAL**
- **HORIZONTAL**

GENERADORES ALIMENTADOS POR CA Y GENERAN CC.



Los Generadores verticales llamados POLICIAS trabajan con el Dinamo o generador de corriente continua en posición vertical, mientras que los horizontales lo hacen como su nombre lo indica. Estos generadores rectifican la corriente a través un sistema de bobinas, una dentro de otra, en donde la bobina interna es accionada en movimiento de giro por el motor eléctrico, creando un campo magnético en el espacio de giro entre la bobina estática y la que está en movimiento.

MOTOR-GENERADOR DE COMBUSTIÓN

Consiste en un motor de combustión interna, bien sea de gasolina ó de ACPM, acoplado a un Generador de corriente alterna o continua. Estas Maquinas de Soldar se utilizan en donde no existen medios de proporcionar energía eléctrica. Por ejemplo en la construcción de Oleoductos a campo travesía, Montajes de plantas Hidroeléctricas, plantas Petroquímicas, en donde aún no se ha realizado el montaje Eléctrico.

Estas maquinas tienen el mismo principio de funcionamiento de las maquinas convertidoras, lo que las diferencia en el sistema de Motor que les proporciona el movimiento de giro. La primera consta de un motor eléctrico de corriente alterna accionado por la energía de la red principal, y el segundo por un motor de combustión interna, accionado por combustible hidrocarburo.

MOTOR-GENERADOR DE COMBUSTIÓN



| AMPERIOS | DISTANCIA EN METROS DESDE LA MAQUINA DE SOLDAR AL SITIO DE TRABAJO | | | | | | | |
|----------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 15 | 23 | 30 | 38 | 46 | 53 | 61 | 69 |
| 100 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1/0 | 1/0 | 2/0 |
| 150 | 2 | 2 | 1 | 1/0 | 2/0 | 3/0 | 3/0 | 4/0 |
| 200 | 2 | 1 | 1/0 | 2/0 | 3/0 | 4/0 | 4/0 | |
| 250 | 2 | 1/0 | 2/0 | 3/0 | 4/0 | | | |
| 300 | 1 | 2/0 | 3/0 | 4/0 | | | | |
| 350 | 1/0 | 2/0 | 4/0 | | | | | |
| 400 | 2/0 | 3/0 | 4/0 | | | | | |

TAMAÑO DE CABLES RECOMENDADOS

| FUENTE DE PODER | | CALIBRE DEL CABLE | | | | |
|-----------------|-----------------|-------------------|--------|---------|---------|---------|
| AMPERIOS | CICLO TRABAJO % | 0-15m | 15-30m | 30-46 m | 46-61 m | 61-76 m |
| 100 | 20 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 180 | 30 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 200 | 60 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1/0 |
| 200 | 100 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1/0 |
| 250 | 60 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/0 |
| 250 | 100 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/0 |
| 300 | 60 | 1/0 | 1/0 | 1/0 | 2/0 | 3/0 |
| 350 | 60 | 1/0 | 1/0 | 2/0 | 2/0 | 3/0 |
| 400 | 60 | 2/0 | 2/0 | 2/0 | 3/0 | 4/0 |
| 400 | 100 | 3/0 | 3/0 | 3/0 | 3/0 | 4/0 |
| 500 | 60 | 2/0 | 2/0 | 3/0 | 3/0 | 4/0 |
| 600 | 60 | 3/0 | 3/0 | 3/0 | 4/0 | 2-3/0 |
| 600 | 100 | 2-1/0 | 2-1/0 | 2-1/0 | 2-2/0 | 2-3/0 |
| 800 | 80 | 3-1/0 | 3-1/0 | 3-1/0 | 2-3/0 | 2-4/0 |
| 800 | 100 | 2-3/0 | 2-3/0 | 2-3/0 | 2-3/0 | 2-4/0 |
| 1000 | 100 | 3-3/0 | 3-3/0 | 3-3/0 | 3-3/0 | 3-3/0 |
| 1500 | 100 | 5-4/0 | 5-4/0 | 5-4/0 | 5-4/0 | 5-4/0 |

LOS ELECTRODOS

La American Welding Society (AWS), Clasifica y designa los ElectrodoS bajo las Normas: **AWS-A5.1, AWS-A5.2, AWS-A5.3** etc.

Los ElectrodoS Son varillas o rollos de alambre Metálicos de composición físico-química similar a la estructura y propiedades del metal base a ser soldado. Sirven no solo de material de aporte o de relleno, sino que deben llenar una serie de requisitos mecánicos, físicos y químicos.

LOS ELECTRODOS SE CLASIFICAN EN:

ELECTRODOS NO METALICOS

Y

ELECTRODOS METALICOS

ELECTRODOS NO METALICOS

Son electrodoS o varillas cuya composición básica es a base de Carbón Grafito, y vienen recubiertos por una capa de Cobre para darle una mejor estabilidad de arco y a su vez cuerpo, evitando su fragilidad.

ELECTRODOS METALICOS

Constan de una varilla metálica cilíndrica, de composición definida (Acero al Carbón, Acero Inoxidable, Níquel, Cromo, Manganeso, Molibdeno, Aluminio, Cobre, etc.)

Los ElectrodoS Metálicos se Clasifican en:

- ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS
- ELECTRODOS METALICOS REVESTIDOS

ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS

Son varillas o Alambres Cilíndricos de Metal de composición definida y se clasifican en:

- ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS QUE NO APORTAN
- ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS QUE APORTAN

ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS QUE NO APORTAN

Estos son ElectrodoS Herramienta que se emplean en el Proceso de Soldadura GTAW (Tig) para Soldar con Gas Inerte de Protección. No Aportan material en la Junta a Soldar, su función es la de Transferir el Arco Ionizando los Electrones a través de un Gas Inerte.

Se caracterizan por estar constituidos de metales duros tales como:

- **TUNGSTENO PURO (W)**
- **ZIRCONIO (Zr)**
- **TORIO (Th)**

Tan bien los hay de las mezclas de **TUNGSTENO + TORIO**, **TUNGSTENO + ZIRCONIO**

Los ElectrodoS de **TUNGSTENO PURO** trabajan con corriente alterna se emplean para soldar Aluminio y sus aleaciones.

Los ElectrodoS de **ZIRCONIO** trabajan con corriente alterna y se emplean para soldar Titanio. Los de **TORIO** se emplean para soldar Acero al carbón, Aceros Aleados al Cr, Ni, Mn, Mo, Si. , y Aceros Inoxidables Ferríticos, Austeníticos y Martensíticos

ELECTRODOS METALICOS DESNUDOS QUE APORTAN

Estos Electrodoos se Clasifican en:

**FERROSOS
Y
NO FERROSOS**

Y a su vez se subdividen en:

**SÓLIDOS
Y
TUBULARES**

Los hay en Varillas y en Alambres que viene en rollos. Se emplean en los siguientes Procesos de Soldadura:

- **OFW (OXICOMBUSTIBLE)**
- **GTAW (TIG)**
- **GMAW (MIG-MAG)**
- **FCAW (INERSHIELD)**
- **SAW (ARCO SUMERGIDO)**

EL PROCESO OFW : (Oxi-Combustible) Emplea Electrodoos desnudos Sólidos **Ferrosos en** (Varillas) de bajo contenido de Carbono y **no Ferrosos** tales como el Aluminio y sus Aleaciones, Cobres y sus Aleaciones, Plata, Latón, Bronce etc. Estos Electrodoos vienen en forma de varillas de longitud aprox., a un mt., y en diámetros de 1/16", 3/32", 1/8", 5/32", 3/16".

EL PROCESO GTAW (Tig) emplea Electrodoos Sólidos desnudos Ferrosos y no ferrosos en forma de varillas, con dimensiones de 1/16", 1/32", 1/8", 5/32", y longitud de un metro. Los hay de Bajo, Mediano y Alto contenido de Carbono, como tan bien Aleados al Cr, Ni, Mn, Mo, Si, y Aceros Inoxidables Ferríticos, Austeníticos y Martensíticos, que trabajan con Gas Inerte de Protección.

EL PROCESO GMAW (Mig-Mag) trabaja con Electrodoos Sólidos Ferrosos y no Ferrosos en forma de Alambre, con Gas de protección Inerte y Activado. Entre los Ferrosos se encuentran los de bajo contenido de carbono, los Aleados y los Inoxidables. El fuerte en este Proceso es el de bajo contenido de Carbono, pero tan bien emplea el alambre de Aluminio como metal no Ferroso.

EL PROCESO FCAW (Flux-cored) emplea Rollos de Alambre Desnudo Tubular con fundente en el Núcleo, los hay de Acero de bajo y mediano contenido de Carbono sin protección Gaseosa, y de Acero inoxidable con Fundente en el núcleo y Gas Inerte de Protección.

EL PROCESO SAW (Arco Sumergido) Trabaja con Alambre Sólido Desnudo de Acero de bajo contenido de Carbono y Fundente Granulado de Protección exterior. Viene en rollos de diferentes calibres. Esta diseñado para trabajos de Soldadura en alta producción. El sistema es totalmente Automático y de prioridad para Aceros de bajo Carbono.

DESIGNACIÓN DE LOS ELECTRODOS POR LA AWS

LA MERICAN WELDING SOCIETY (AWS) clasifica los electrodos de acero al carbón de la siguiente manera: AWS A.5.1 y les designa con una letra y cuatro dígitos para su respectiva clasificación así:

E – XXXX

En donde el prefijo “ E “ significa: **Electrodo Manual Revestido**

SIGNIFICADO DE LOS DOS PRIMEROS DÍGITOS: (E-XX)

Los dos primeros dígitos seguidos del prefijo “E” se refiere a la resistencia de la tracción de la Soldadura en miles de libras por pulgada cuadrada del metal depositado. Eje: **E-60XX**, esto quiere decir que se trata de un Electrodo Manual Revestido que produce un metal depositado del cual cada pulgada cuadrada de soldadura soporta 60.000 mil Libras de Tensión.

SIGNIFICADO DEL TERCER DÍGITO: (E – XXX)

El tercer dígito, que puede ser: **1, 2 o 3**, se refiere a las Posiciones a Soldar. Cuando el numero es:

“ **1** “ Quiere decir que el electrodo opera en todas las Posiciones (1F, 2F, 3F, 4F ó 1G, 2G, 3G, 5G, 6G.)

“ **2** “ Opera en posición Plana y Horizontal (1F, 2F ó 1G, 2G)

“ **3** “ Opera en posición Plana (1F, 1G.)

“ **4** “ Opera en posición Vertical Descendente. VD.

SIGNIFICADO DEL CUARTO DÍGITO: (E – XXXX)

El cuarto dígito acompañado del tercero indican el tipo de revestimiento, tipo de corriente y polaridad con que trabaja el electrodo.

IDENTIFICACIÓN DEL REVESTIMIENTO DE ACUERDO AL CUARTO DÍGITO

El cuarto dígito que la AWS le designa a los Electrodo Revestidos es muy importante en los Electrodo ya que indica el tipo de Revestimiento, en los cuales podemos fácilmente identificar y poder hacer la elección correcta para el tipo de trabajo especificado.

- El “**0**” indica que el Revestimiento es de tipo Celulósico P.I. CC.
- El “**1**” indica que es Celulósico P.I. CA. / CC.
- El “**2**” indica que es de Rutilo P.D. CC.
- El “**3**” indica que es de Rutilo PD. CA / CC.
- El “**4**” indica que es de Rutilo Polvo de Hierro P.I. CA / CC.
- El “**5**” indica que es de Bajo Hidrógeno P.I. CC.
- El “**6**” indica que es Bajo Hidrógeno P.I. CA / CC.
- El “**7**” indica que es Oxido Polvo de Hierro P.I. CA / CC.
- El “**8**” indica que es Bajo Hidrógeno Polvo de Hierro P.I. CC.

COMO CALCULAR EL AMPERAJE EN LOS ELECTRODOS

El tipo de Revestimiento en los Electrodoes designa la Intensidad de Calor que vamos a emplear para derretir el Electrodo, y este lo proporciona el Amperaje.

Cada Electrodo tiene un alcance adecuado de amperaje y este se mide o calcula de la siguiente manera:

Cada Amperio es igual a una milésima de Pulgada del Diámetro del Núcleo del Electrodo.

Ejemplo:

Un Electrodo de Diámetro de $1/8''$ es igual a **0.125** milésimas de pulgada

Esto quiere decir que el Amperaje requerido en este Electrodo es de **125** Amperios, así:

1 dividido entre 8 = 0.125

0.125 es el valor de la fracción en milésimas de pulgada que a su vez se toma como **Amperios**.

Partiendo de esta formula, podemos calcular el amperaje de todo Electrodo, teniendo en cuenta que los Electrodoes terminados en:

2, 3, y 4 son de **Revestimiento Rutilico** y el amperaje se calcula igual.

Los Electrodoes terminados en: **0 y 1** tienen **Revestimiento Celulósico**, por lo tanto el Amperaje se calcula igual pero se les resta el **20%** al amperaje requerido por la formula.

Ejemplo:

$1/8'' = 0.125''$

$0.125'' = 125 \text{ Amp.}$

$125 - 20\% = 100 \text{ Amp.}$

Los Electrodoes terminados en: **5, 6, y 8** son Electrodoes de **Revestimiento Bajo Hidrógeno** y funcionan con el **10% más** de lo requerido por la Formula

Ejemplo:

$1/8'' = 0.125''$

$0.125'' = 125 \text{ Amp.}$

$125 + 10\% = 138 \text{ Amp.}$

NOTA:

- EXISTE OTRA REGLA PARA DETERMINAR EL AMPERAJE CORRECTO Y ES EL DE CALCULAR DE 30 A 40 AMP./ mm DE ESPESOR DE LA CHAPA A SOLDAR.
- HAY ELECTRODOS QUE ADEMÁS DE LOS CUATRO DÍGITOS, TIENEN ADICIONAL UNA VOCAL O CONSONANTE Y UN NUMERO AL FINAL, ESTO INDICA EL TIPO DE ALEACIÓN DEL ELECTRODO.

VELOCIDAD DE AVANCE Y ANGULOS DEL ELECTRODO

1. **LA VELOCIDAD DE AVANCE** DEL ELECTRODO ES POR LO GENERAL DE: 7 A 30 CTM. / MINUTO.
2. **EL AVANCE** DEL ARCO DEBE ESTAR DE ACUERDO AL DIÁMETRO DEL ELECTRODO USADO, PORQUE LA FORMA FINAL Y LA PRESENTACIÓN DEL CORDÓN, DEPENDE EN GRAN PARTE DE LA VELOCIDAD DEL AVANCE.
3. **UN AVANCE LENTO** producirá un cordón redondo y ancho.
4. **UN AVANCE RÁPIDO** producirá un cordón plano y angosto
5. **EL ANGULO DE AVANCE** DEL ELECTRODO ES POR LO GENERAL DE **15° A 20°** EN SENTIDO DE AVANCE. ESTE ANGULO SE TRADUCE COMO LA INCLINACIÓN DEL EJE CON RESPECTO A SU PERPENDICULAR.
6. **EL ANGULO DE TRABAJO** ES EL QUE CONSERVA EL ELECTRODO A LADO Y LADO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, QUE POR LO GENERAL ES DE **90°** UNA MALA INCLINACIÓN DE ESTE ANGULO GENERA EN LA SOLDADURA MALA FUSION, CONTORNO IREGULAR Y MALA TRANSFERENCIA DE CALOR.
7. **EL ARCO** por ejemplo, debe mantenerse lo más corto posible, pero sin permitir que el revestimiento del electrodo toque el charco del metal fundido
8. **LA OSCILACION**, del arco debe ser generalmente corta, no mayor que cuatro veces el diámetro del electrodo, y de solamente de uno a dos veces el diámetro del mismo para los electrodos de “bajo hidrogeno”. Cuando por fuerza mayor la oscilación debe ser mayor; la velocidad debe ser lo mas baja posible.
9. **LA ESCORIA** como función principal limpia las impurezas del metal depositado y ayuda a darle al cordón su forma y apariencia externa. Al mismo tiempo y según su punto de solidificación permite que el metal depositado se sostenga en posiciones verticales y sobre-cabeza. Consecuentemente es importante no remover la escoria, hasta tanto no se haya enfriado y solidificado completamente.

El objetivo de lo anterior, es evitar que en ningún caso el electrodo y el metal que esta siendo depositado se salgan de la atmósfera del gas protector generado por el recubrimiento

| CUARTA CIFRA | REVESTIMIENTO | CORRIENTE | CARACTERISTICAS |
|--------------|--|----------------|---|
| 0 | celulosa con silicato sódico | CD + | alta penetración, gota caliente |
| 1 | celulosa con silicato potasico | CA o CD + | alta penetración, gota caliente |
| 2 | rutilo con sales de sodio | CA o CD - | penetración media, gota fría |
| 3 | rutilo con sales de potasio | CA o CD + CD - | penetración media, gota fría |
| 4 | rutilo con polvo de hierro | CA o CD + CD - | Penetración media, gota fría alto aporte. |
| 5 | básico con sales de sodio | CD + | penetración moderada |
| 6 | básico con sales de potasio | CA + CD | penetración moderada |
| 7 | con polvo de hierro y óxidos de hierro | CA o CD + CD- | penetración media, gran aporte |
| 8 | básico con polvo de hierro | CA CD + | penetración ligera, gran aporte |

CA corriente alterna
 CD + corriente directa electrodo positivo
 CD - corriente directa electrodo negativo

CARACTERISTICAS ELECTRICAS RECOMENDADAS

| ELECTRODO | DIAMETRO | AMPERAJE |
|-----------|----------|----------|
| E 6010 | 3/32" | 60-90 |
| E6010 | 1/8" | 80-120 |
| E6012 | 3/32" | 40-90 |
| E6012 | 1/8" | 80-120 |
| E6013 | 3/32" | 30-80 |
| E6013 | 1/8" | 80-120 |
| E7018 | 3/32" | 70-120 |
| E7018 | 1/8" | 100-150 |
| E7018 | 5/32" | 120-200 |
| E7024 | 1/8" | 120-150 |
| E7024 | 5/32" | 180-230 |
| E7024 | 3/16" | 250-300 |

| ELECTRODO | DIAMETRO | AMPERAJE |
|-----------|----------|----------|
| E 7018A1 | 3/32" | 70-90 |
| E7018A1 | 1/8" | 100-150 |
| E8018B2 | 3/32" | 75-105 |
| E8018B2 | 1/8" | 100-150 |
| E9018B3 | 3/32" | 75-105 |
| E9018B3 | 1/8" | 100-150 |

| SUFJO | COMPOSICION QUIMICA |
|-------|--------------------------------------|
| A1 | C-Mo (0.40 - 0.60 Mo) |
| B1 | Cr- Mo (0.40-0.65 Cr, 0.40-0.65 Mo) |
| B2 | Cr-Mo (1.0-1.5 Cr-0.40-0.65 Mo) |
| B3 | Cr-Mo (2.0-2.5 Cr-0.90-1.20 Mo) |
| B4 | Cr-Mo (1.75-2.25 Cr-0.40-0.65 Mo) |
| B5 | Cr-Mo (0.40-0.60 Cr-1.0-1.25 Mo) |
| C1 | Ni (2.0-2.75 Ni) |
| C2 | Ni (3.0-3.75 Ni) |
| C3 | Ni (0.80-1.1 Ni- 0.15 Cr- 0.35 Mo) |
| D1 | Mn- Mo (0.25-0.45 Mo - 1.25-1.75 Mn) |
| D2 | Mn- Mo (0.25-0.45 Mo - 1.65-2.2 Mn) |
| D3 | Mn- Mo (0.40-0.65 Mo- 1.0- 1.75 Mn) |

CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS SEGÚN LA AWS

| ESPECIFICACIÓN DE LA AWS | TITULO DE LAS ESPECIFICACIONES | OFW | SMAW | GTAW | GMAW | SAW | OTRO |
|--------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| A5.1 | ELECTRODOS REVESTIDO DE ACERO AL CARBON PARA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO | | X | | | | |
| A5.2 | VARILLAS DE ACERO AL CARBON PARA SOLDADURA CON GAS | X | | | | | |
| A5.3 | ELECTRODO CON ALEACIÓN DE ALUMINIO PARA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO | | X | | | | |
| A5.4 | ELECTRODOS DE CROMO Y NIQUEL RESISTENTES A LA CORROSION Y ALTAS TEMPERATURAS | | X | | | | |
| A5.5 | ELECTRODOS DE BAJA ALEACIÓN PARA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO | | X | | | | |
| A5.6 | ELECTRODOS DE COBRE Y ALEACIONES DE COBRE PARA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO | | X | | | | |
| A5.7 | VARILLAS DESNUDAS DE COBRE PARA APORTE | X | | X | | | PAW |
| A5.8 | METAL DE APORTE PARA SOLDADURA FUERTE | | | | | | BR |
| A5.9 | ELECTRODOS ALEADOS AL CROMO Y CROMO NIQUEL PARA LA RESISTENCIA A LA CORROSION | | | X | X | X | PAW |
| A5.10 | ELECTRODOS DESNUDOS DE ALUMINIO Y SUS ALEACIONES PARA SOLDADURA CON PROTECCIÓN GASEOSA | X | | X | X | | PAW |
| A5.11 | ELECTRODOS DE NIQUEL PARA FUNDICIÓN POR ARCO ELECTRICO | | X | | | | |
| A5.12 | ELECTRODOS DE TUNGSTENO PARA SOLDADURAS POR ARCO ELECTRICO CON PROTECCIÓN GASEOSA | | | X | | | PAW |
| A5.13 | VARILLAS DESNUDAS PARA SOLDADURAS DE RECUBRIMIENTO | X | | X | | | CAW |
| A5.14 | VARILLAS DESNUDAS Y ALAMBRES SÓLIDOS DE NIQUEL Y ALEACIONES DE NIQUEL | X | | X | X | X | PAW |
| A5.15 | VARILLAS DESNUDAS Y ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDADURAS DE HIERRO FUNDIDO | X | X | | | | CAW |
| A5.16 | VARILLAS Y ALAMBRES ELECTRODOS DESNUDOS PARA SOLDADURAS DE TITANIO Y SUS ALEACIONES | | | | | | PAW |

CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS SEGÚN LA AWS (CONTINUACIÓN)

| ESPECIFICACIÓN DE LA AWS | TITULO DE LAS ESPECIFICACIONES | OFW | SMAW | GTAW | GMAW | SAW | OTROS |
|--------------------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|
| A5.17 | ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO DESNUDOS Y FUNDENTE PARA SAW | | | | | X | PAW |
| A5.18 | APORTE DE ACERO AL CARBONO PARA SOLDADURA POR ARCO SAW | | | X | X | | PAW |
| A5.19 | VARILLAS Y ELECTRODOS DESNUDOS PARA SOLDADURAS DE MAGNESIO | X | | X | X | | PAW |
| A5.20 | ELECTRODOS TUBULARES DE ACERO AL CARBONO CON FUNDENTE EN EL NÚCLEO | | | | | | FCAW |
| A5.21 | VARILLAS Y ELECTRODOS PARA RECUBRIMIENTOS | X | X | X | | | |
| A5.22 | ELECTRODOS TUBULARES CON FUNDENTE EN EL NÚCLEO ALEADOS AL CROMO Y CROMO - NIQUEL | | | | | | FCAW |
| A5.23 | ELECTRODOS SÓLIDOS DESNUDOS Y FUNDENTE GRANULAR PARA SAW | | | | | X | |
| A5.24 | ELECTRODOS DESNUDOS DE ZIRCONIO QUE NO APORTAN METAL PARA EL PROCESO DE SOLDADURA TIG | | | X | X | | PAW |
| A5.25 | ELEMENTOS CONSUMIBLES PARA SOLDADURA POR ELECTRO-SCORIA DE ACEROS DE ALTA RESISTENCIA | | | | | | ESW |
| A5.26 | ELEMENTOS CONSUMIBLES PARA SOLDADURAS POR ELECTRO-SCORIA PARA ACEROS DE BAJA ALEACION | | | | | X | FCAW ESW |
| A5.27 | VARILLAS PARA SOLDADURAS DE COBRE CON GAS | X | | | | | |
| A5.28 | APORTES PARA SOLDADURAS DE BAJA ALEACION CON GAS DE PROTECCION | | | X | X | | PAW |
| A5.29 | ELECTRODOS DESNUDOS TUBULARES CON FUNDENTE EN EL NÚCLEO PARA ACEROS DE BAJA ALEACION | | | | | | FCAW |
| A5.30 | CONSUMIBLES PARA EL PROCESO DE SOLDADURA GTAW | | | X | | | |
| A5.31 | FUNDENTES PARA SOLDADURAS FUERTES | X | | | | | BR |

CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS SEGÚN LA AWS-A5.1

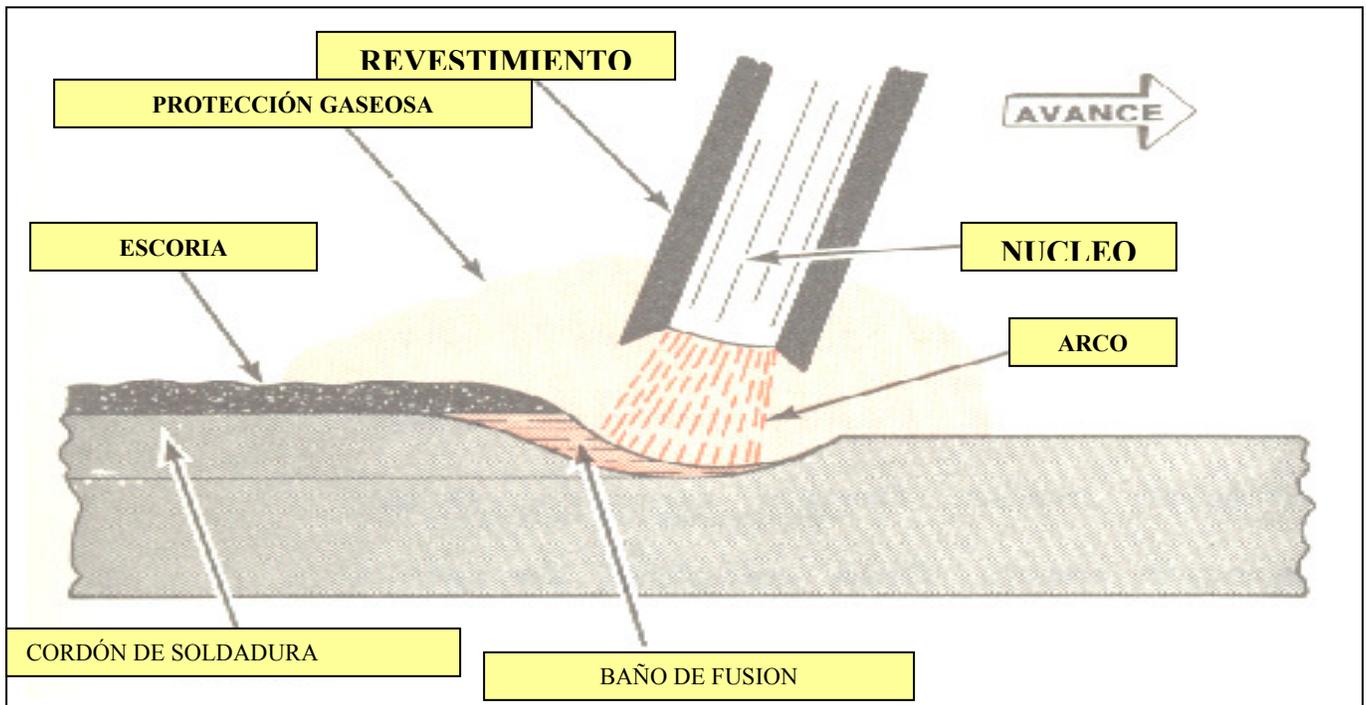
Dependiendo de la clase de Revestimiento la AWS – A 5.1 Clasifica los Electrodo de Acero al Carbono en los siguientes grupos:

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. ALTO OXIDO DE TITANIO Y POTASIO 2. ALTO OXIDO DE HIERRO 3. POLVO DE HIERRO Y OXIDO DE HIERRO 4. POLVO DE HIERRO Y OXIDO DE TITANIO 5. BAJO HIDRÓGENO SODIO | <ol style="list-style-type: none"> 6. BAJO HIDRÓGENO POTASIO 7. BAJO HIDRÓGENO POLVO DE HIERRO 8. ALTA CELULOSA SODIO 9. ALTA CELULOSA POTASIO 10. ALTO OXIDO DE TITANIO Y SODIO |
|---|---|

PARTES DE UN ELECTRODO REVESTIDO

Los Electrodo metálicos Revestidos se componen de dos partes:

- **NÚCLEO Y**
- **REVESTIMIENTO**



FUNCIONES DEL NÚCLEO

El Núcleo cumple dos funciones muy importantes a saber: Conducir la Electricidad y Aportar Material de Relleno.

FUNCIONES DEL REVESTIMIENTO

El revestimiento como tal tiene varias funciones en el proceso SMAW. El 90% del trabajo lo ejerce el revestimiento y estas funciones son a saber:

1. **FUNCION MECANICA**
2. **FUNCION ELECTRICA**
3. **FUNCION METALURGICA**
4. **FUNCION PROTECTORA**
5. **FUNCION TERMICA**

FUNCION ELECTRICA

Esta función permite mantener el Arco estable y se logra a través del Dióxido de Titanio.

FUNCION MECANICA

Esta función es la encargada de guiar el arco en una determinada dirección y concentrándolo sobre la junta, además favorece la buena penetración del cordón de soldadura en el metal base.

El revestimiento cumple con una condición de velocidad de fusión más tardía que la del núcleo, a fin de que se forme un cráter en el extremo del electrodo de longitud adecuada, evitando así que el electrodo se pegue al material base cuando estamos soldando.

FUNCION METALURGICA

Esta función la cumple la escoria, afinando el cordón de soldadura, mejorando las propiedades mecánicas del metal depositado con una enérgica acción depuradora, limpiando el charco fundido de las impurezas tales como: Fósforo (P) y Azufre (S).

FUNCION PROTECTORA

Esta función cumple la propiedad de proteger el baño o charco de metal fundido contra los agentes contaminantes del aire tales como el Oxígeno (O₂) y el Nitrógeno (N₂), durante el proceso que sufre el metal fundido del estado líquido, pastoso a sólido, cuando se está fundiendo el electrodo y la pieza a soldar. Esta función la ejerce el Carbonato de Calcio.

FUNCION TERMICA

Esta función tan bien la ejerce la escoria ya que es la encargada de retardar el enfriamiento del metal depositado dando así un tratamiento térmico correcto al cordón de soldadura.

Estas funciones facilitan el encendido y estabilizan el arco, reemplazan ciertos elementos del metal de aporte, que se volatilizan, debido a las altas temperaturas del arco. Permiten el empleo de corriente alterna y continua. Ayudan al control de la penetración balanceando la energía del arco.

Mejoran las propiedades de la zona de fusión, proveen elementos desoxidantes y desulfurantes, aportan elementos de aleación adicionales tales como: Cr, Mn, Ni,

GRUPOS QUE RIGEN EL REVESTIMIENTO

Las funciones del revestimiento están regidas por tres grupos que son:

1. GRUPO ELECTRICO
2. GRUPO METALURGICO
3. GRUPO FISICO

GRUPO ELECTRICO

Facilita el encendido del arco y lo mantiene con facilidad durante la ejecución de la Soldadura. Lo anterior se logra por la descomposición de algunos elementos químicos al quemarse en el Arco, que a su vez generan una atmósfera de gas ionizado conductor de la electricidad.

El grupo Eléctrico permite el empleo de corriente Alterna. Al utilizar este tipo de corriente eléctrica el arco se enciende y se apaga 120 veces por segundo. En estas circunstancias el arco se torna muy inestable debido al enfriamiento de la columna gaseosa que lo rodea (Ciclo).

Algunos elementos en cierto tipo de electrodos necesitan una temperatura relativamente baja para permanecer en estado ionizado, que es la forma como facilitan el encendido periódico del arco, solucionándose así el problema de la inestabilidad

GRUPO METALURGICO

Reemplaza ciertos elementos del metal que parcialmente se volatilizan debido a la alta temperatura del arco eléctrico. Estos elementos de reemplazo están dentro del revestimiento en una proporción tal que aunque parte de estos tan bien se volatilizan, el resto se incorpora al metal fundido.

El grupo metalúrgico del revestimiento mejora las propiedades mecánicas de la zona de fusión. Esto se logra por la acción de elementos que aportan materiales de aleación, incluidos dentro del revestimiento. Estos materiales pueden lograr el mejoramiento de las propiedades mecánicas de dos maneras a saber:

1. Actúan como **desnitrurantes, desoxidantes y desulfurantes**, elementos estos que son perjudiciales en la calidad del metal..
2. Aportan elementos de aleación que mejoran y aumentan la calidad del metal aportado o fundido. Por ejemplo un electrodo con núcleo de acero dulce, por la acción del revestimiento puede efectuar un depósito duro o inoxidable.

Esta propiedad puede colaborar en el aumento del material de aporte de la siguiente manera: en cierto tipo de electrodos, el revestimiento tiene incorporado un elemento metálico en polvo (polvo de Fe) hierro de composición química similar a la del núcleo, que se derrite en el arco y se une al metal fundido, proveniente del alma aumentando de esta manera la cantidad del material depositado y por consiguiente la tasa de deposición.

GRUPO FISICO

Este grupo de revestimiento protege el metal fundido de los gases dañinos del aire, como lo son el oxígeno y el hidrógeno.

El oxígeno y el hidrógeno de el aire al combinarse con el metal fundido forma óxidos y nitrógenos haciendo que el metal se torne frágil y poroso, con la consecuente disminución de las propiedades mecánicas.

Ciertos componentes del revestimiento, al quemarse en el arco eléctrico, forman una atmósfera protectora que evita que el aire quede en contacto directo con el metal fundido.

Algunos elementos del revestimiento se derriten formando una escoria que rodea totalmente las gotas del metal fundido durante el viaje de estas, desde el extremo del electrodo al metal base logrando así su protección total.

Al efectuarse el depósito la escoria se mezcla con el metal fundido y va recogiendo sus impurezas haciéndolas flotar en la superficie del cordón donde finalmente la escoria se solidifica.

La escoria sólida forma una capa sobre el depósito, que aun mismo tiempo protege al metal caliente de la acción perjudicial de aire y retarda el enfriamiento, evitando con esto que el metal se temple o endurezca excesivamente.

Este grupo físico del revestimiento dirige la fuerza del arco y el metal fundido en dirección deseada esto se logra por cuanto el revestimiento tiende a fundirse más lentamente que el núcleo metálico, formándose una especie de boquilla que orienta la dirección del arco eléctrico, y dirige las gotas del metal fundido.

El metal fundido posee tres propiedades importantes que son:

- **RESISTIVIDAD**
- **VISCOSIDAD**
- **TENSION SUPERFICIAL**

LA RESISTIVIDAD, es la resistencia que opone el metal fundido al flujo de corriente en varias veces mayor que la del metal sólido en el punto de fusión.

LA VISCOSIDAD, determina la rata con que el metal fluye a través de la separación entre dos platinas. (Intersticio).

LA TENSION SUPERFICIAL, expresa la facilidad con que el metal fundido llena cavidades relativamente pequeñas.

De acuerdo con estos grupos: eléctrico, físico y metalúrgico se determinan las propiedades del revestimiento que vimos anteriormente: función mecánica, función eléctrica, función metalúrgica, función protectora y función térmica.

SELECCIÓN Y RECOMENDACIÓN PARA LA APLICACIONDE LOS ELECTRODOS

Existen 7 factores fundamentales en la selección de electrodos para la soldadura por arco eléctrico:

- 1.- Identificar el metal base.
- 2.- Conocer el tipo de corriente disponible para la soldadura, o sea, si se cuenta con Corriente continúa o alterna.
- 3.- Conocer la posición con la cual debe efectuarse la soldadura.
- 4.- Conocer espesor y forma del metal base.
- 5.- Conocer el diseño de la junta.
- 6.- Conocer las especificaciones de servicios requeridas para la junta.
- 7.- Tener eficiencia y rapidez en la operación.

Una vez escogido el electrodo de acuerdo a las bases anteriores; es necesario seleccionar la corriente (amperaje), con la cual va a trabajarse según el diámetro del mismo. Si la corriente de operación es directa o continua, debe usarse la polaridad recomendada por el fabricante para ese electrodo con el objeto de obtenerse mejores resultados. (Ver Formulas de la pagina 89)

A pesar de que los distintos tipos de electrodos para las aplicaciones, poseen diferentes características de operaciones, hay algunas reglas generales implícitas que se aplican sin excepción a todos los tipos de electrodos revestidos.

EXISTEN ELECTRODOS PARA SOLDAR:

- 1.- Aceros al carbón.
- 2.- Aceros de baja aleación.
- 3.- Aceros de baja aleación **AW-5.A5.5.**
- 4.- Electrodos para soldar aceros inoxidables.
- 5.- Electrodos para hacer ranuras, chaflanes y perforaciones. (Electrodos Herramientas)
- 6.- Alambres para soldar aceros al carbono y de baja aleación por el proceso **SAW**(Arco Sumergido)
- 7.- Alambres para soldar aceros al carbono por el proceso **GMAW. (MIG/MAG)**
- 8.- Electrodos para soldar HF. (fundiciones grises, maleables y Nodulares).
- 9.- Electrodos para reconstruir piezas sometidas al desgaste.
- 10.- Varillas para soldar por el proceso (**GTAW) TIG. Argón**
11. Varilla para soldar por proceso Oxi-combustible **OFW.**
12. Electrodo de Tungsteno no consumible para soldar por el proceso **GTAW. (TIG)**

ELECTRODOS METALICOS REVESTIDOS

Constan de una varilla metálica cilíndrica forrada de un material compuesto de diversos productos químicos, minerales, ferro-aleaciones, óxidos metálicos, que sirven como elemento de circuito eléctrico por formar el arco entre el extremo del electrodo y la pieza a soldar, y a su vez como atmósfera protectora del metal fundido y del Electrodo.

Los Electrodo Metalicos Revestidos se Clasifican en:

- **NO FERROSOS**
- **Y**
- **FERROSOS.**

ELECTRODOS METALICOS REVESTIDOS NO FERROSOS

Entre los Electrodo no Ferrosos encontramos los de Aluminio y sus Aleaciones, los de Cobre y sus Aleaciones, Plata, Monel, Antimonio y los de Níquel para HF. Gris.

ELECTRODOS METALICOS REVESTIDOS FERROSOS

En esta gran familia de los Electrodo Metalicos Revestidos Ferrosos encontramos que la variedad es bastante amplia, por lo tanto haremos un estudio profundo de los componentes y compuestos químicos tanto del núcleo como del revestimiento.

A esta gran Familia de los Electrodo Metalicos Revestidos Ferrosos pertenecen los siguientes Electrodo:

Los Celulósicos, los Rutílicos, los Bajo Hidrógeno, los Básicos, los de Acero Inoxidable, los de Fundición y los de Recargues duros.

CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS DE ACUERDO AL COMPUESTO QUIMICO

El tipo de compuesto químico que se usa para generar la atmósfera protectora en los electrodo revestidos, los subdividen en dos grandes grupos, dependiendo de si son **Orgánicos O Inorgánicos** de la siguiente forma:

COMPUESTOS ORGANICOS

A este grupo pertenecen los electrodo de la familia:

- **Celulósicos sódicos (Alta Penetración)**
- **Rutílicos sódicos (Baja Penetración, Buen Acabado)**

COMPUESTOS INORGANICOS

En este grupo se encuentran los electrodo:

- **Bajo Hidrógeno**
- **Básicos**

ELECTRODOS ORGANICOS

CELULOSICOS SODICOS:

Son electrodos de alta penetración, excelente fusión, fácil remoción de escoria, buena calidad radiográfica, arco suave, fácil de operar en todas las posiciones, buena resistencia y ductilidad. A esta familia pertenecen los electrodos del tipo **E-6010-ZIP-10T, E-6011, E-6012** diseñados para trabajos en oleoductos, calderas, termoeléctricas, petroquímicas etc.

RUTILICOS SODICOS:

Son electrodos de mediana penetración, arco silencioso, cordones convexos y lisos, buena operabilidad en todas las posiciones.

A esta familia pertenecen los electrodos del tipo **E-6012-ZIP-12**

RUTILICOS POTASICOS:

Estos electrodos no son aptos para penetración son de fácil encendido, arco suave poca salpicadura, fácil remoción de escoria, fácil operabilidad en todas las posiciones, buena estabilidad de arco, cordones suaves y excelente acabado. A este grupo pertenecen los electrodos: del tipo, **E-6010, E-SUPER SW 613, E-7014, E-7024** .

CELULOSA SODIO POLVO DE HIERRO:

Alta penetración, alta rata de deposición y buena fusión, alta resistencia y excelente calidad a los rayos-x, escoria de rápida solidificación. Es por esta característica que su operabilidad descendente es excelente. Como también todas sus aplicaciones.

Este tipo de electrodo trabaja en todas las posiciones. Esta diseñado para la soldadura de tubería en oleoductos y gasoductos, y calderas, excelente en pase de raíz y caliente.

A este grupo pertenecen los electrodos:

E-7010, ZIP 10A-1, para tuberías de acero, API 5-LX GRADO X42, X46, X52, X60.

CELULOSA SODIO:

Alta penetración buena calidad a los rayos-x, recomendado para tuberías para oleoductos y gasoductos en el pase de raíz excelente, pero también es recomendado para relleno y acabado.

Diseñado para la soldadura de tubería de óleo y gasoducto.

Sus características mas sobresalientes, son su Operabilidad en todas posiciones.

Están indicados en la soldadura para tubería de aceros al carbono de la calidad:

API 5-LX60, 5LX-65.

A este grupo pertenecen los electrodos del tipo:

E-8010-G, E-9010-G

ELELECTRODOS INORGANICOS

BAJO HIDROGENO:

A estos electrodos bajo hidrogeno, con polvo de hierro, están diseñados para las aplicaciones en los Aceros al carbono de hasta 70.000 Lbs /Pul cuadradas de resistencia a la tensión. Este tipo de soldadura se aplica en tuberías, de alta presión, tanques, estructuras y todo tipo de recipiente que vaya a estar sometido al impacto, altas presiones y bajas temperaturas. A esta familia pertenecen los electrodos del tipo: **E-7016, E-7018 WIZ-18S, E-7018-1, E-7018G, E-7018 A1, WIZ 18^a1.**

BÁSICOS:

Son Electrodos de Revestimiento tipo Rutilico Básico, lo cual le permite al Electrodo Soldar en toda posición, produce un arco suave, baja perdida en Salpicaduras, buena apariencia del Cordón superficial relativamente plano y Fácil remoción de Escoria. Están diseñados para soldar aceros Inoxidables ferríticos, Austeníticos y Martensíticos. Son resistentes a la tracción, Corrosión y Altas temperaturas.

A esta familia Pertenecen los siguientes electrodos:

CROMARCO 308L-16, CROMARCO 309-16, CROMARCO 312-16, entre otros.

CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS DE ACUERDO A SU APLICACIÓN:

Los electrodos revestidos se agrupan de acuerdo a su aplicación así:

- A) Electrodos para aceros de bajo contenido de carbón
- B) Electrodos para aceros de baja aleación
- C) Electrodos para aceros de alta aleación
- D) Electrodos para aceros inoxidables
- E) Para hierros fundidos
- F) Para recargues duros
- G) Para materiales no ferrosos

ATMOSFERA PROTECTORA DE LOS COMPUESTOS ORGANICOS:

La composición química de los gases generados por los compuestos orgánicos son del tipo:

CO = Oxido carbono - 40-50%

H₂ = Hidrogeno – 40-50%

H₂O = Agua 1- 2%

CO₂ = Dióxido de carbono 1-6 %

ATMOSFERA PROTECTORA DE LOS COMPUESTOS INORGANICOS:

Esta atmósfera gaseosa inorgánica se genera a partir de carbonato de calcio, el cual al calcinarse con la temperatura del arco produce:

CO y CO₂ únicamente, por lo tanto están libres de sufrir agrietamientos por lo que en su revestimiento no hay hidrogeno como en los orgánicos.

CO = oxido carbono

CO₂ = bióxido de carbono

COMPUESTOS QUIMICOS EN EL REVESTIMIENTO:

Los revestimientos están compuestos por aleaciones químicas tales como:

- 1) Metales pulverizados
- 2) Elementos desoxidantes
- 3) Elementos de aleación
- 4) Minerales
- 5) Compuestos ácidos
- 6) Constituyentes básicos

METALES PÚLVERISADOS :

En los revestimientos encontramos:

- Polvo de hierro (Fe)
- Cobre (Cu)
- Aluminio (Al)

ELEMENTOS DESOXIDANTES:

- Silicio (Si) 0.05-0.35%
- Manganeso(Mn)
- Aluminio (Al)
- Titanio (Ti)
- Circonio(Zr)
- Rutilo
- Celulosa

ELEMENTOS DE ALEACION EN LOS REVESTIMIENTOS:

- Carbono
- Cromo
- Manganeso
- Níquel
- Celulosa
- Dolomita
- Caliza
- Magnesita
- Harina de madera

MINERALES EN EL REVESTIMIENTO:

- Caliza
- Dolomita
- Magnesita

COMPUESTOS ACIDOS EN EL REVESTIMIENTO :

- Dióxido de titanio
- Silicio

CONSTITUYENTES BASICOS EN EL REVESTIMIENTO

- Oxidos de calcio
- Magnesio
- Aluminio
- Hierro (Fe)
- Manganeso

¿QUÉ PAPEL DESEMPEÑAN LAS FERRO-ALEACIONES Y LOS COMPUESTOS QUÍMICOS EN LOS ELECTRODOS?

Las ferro-aleaciones y los compuestos químicos reaccionan con cualquier oxígeno todavía presente en el arco, lo mismo que con cualquier azufre del metal base, formando óxidos de sulfuros que son parte de la escoria.

El resto de la ferro-aleaciones se unen al núcleo de alambre agregándose al depósito ó pileta de metal fundido, dándole propiedades físicas convenientes.

Como ya vimos, los compuestos químicos se subdividen en dos grandes grupos a saber:

- Compuestos químicos metálicos
- Compuestos químicos no metálicos

Los compuestos químicos tanto metálicos como no metálicos ejercen las siguientes funciones:

- Estabilizadores del arco eléctrico
- Protectores del arco eléctrico
- Conductores del arco eléctrico
- Desoxidantes y endurecedores
- Anticorrosivos y aleantes térmicos

ESTABILIZADORES DEL ARCO ELECTRICO:

EL SODIO Y EL POTASIO (Na – K) forman iones conductores de la electricidad, convirtiendo en conductor el espacio que existe entre los polos (extremo del electrodo y la pieza a soldar).

EL SODIO (Na) define la clase de corriente y e tipo de polaridad, en este caso seria corriente continua (CC) polaridad invertida (+).

Este tipo de corriente la adquirimos de un generador rectificador.

EL POTASIO (K) es tan bien un estabilizador de arco eléctrico pero de mayor potencia que el sodio, ya que este se ioniza más fácilmente, trabaja con corriente alterna y continua. Esto quiere decir que podemos realizar el trabajo con un generador rectificador o un transformador.

Nota: el potasio estabiliza mejor el arco eléctrico que el sodio. Nunca trabajemos un electrodo de corriente continua con corriente alterna, ya que sería difícil mantener estable el arco.

PROTECTORES DEL ARCO ELECTRICO

La celulosa el carbonato de calcio y el rutilo son compuestos químicos que al quemarse con el arco eléctrico producen gases protectores que evitan la contaminación de la pileta del metal fundido, con los agentes contaminantes de la atmósfera, como lo son el Oxígeno y el Hidrogeno.

CONDUCTORES DEL ARCO ELECTRICO

El dióxido de titan y el polvo de hierro estabilizan el arco eléctrico dirigiéndolo hacia el intersticio de la junta, protegiéndolo del soplo magnético y evitando que el electrodo se pegue a la junta. Estos compuestos químicos facilitan el trabajo de soldeo con corriente continua y polaridad invertida.

DESOXIDANTES Y ENDURECEDORES

Los desoxidantes tales como: el silicio, el manganeso, el aluminio, el titanio y el zirconio son aleantes químicos que actúan como agentes desoxidantes y a su vez aumentan la dureza en el metal depositado sin perjudicar para nada la estructura metalúrgica del mismo, evitando agrietamientos en caliente.

ANTICORROSIVOS Y ALEANTES TÉRMICOS

Los anticorrosivos tales como el níquel y el cromo son elementos aleantes que producen una alta resistencia a la corrosión en metales de baja aleación como tan bien mejoran la resistencia a las altas temperaturas en los aceros aleados al cromo y al cromo –níquel- molibdeno.

ELECTRODOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBON

CELULOSICOS-SÓDICOS ELECTRODO XL 610

La AWS clasifica a este electrodo como: **AWS-E 6010**, y lo Especifica en su tabla como: **AWS A5.1**. la norma **ICONTEC 2191** y la **ASME SF A5.1**.

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

Es un electrodo de revestimiento **Celulósico-Sódico**, para alta Penetración y rápida solidificación. Trabaja en todas las posiciones, sobre todo en pases de raíz. Su escoria es de fácil remoción.

APLICACIONES TÍPICAS:

Para soldar aceros de bajo carbono, laminas Cold- Rolled y Galvanizados.. Calderas, Tuberías para Alta presión, Estructuras y Aceros Fundidos.

Este Electrodo trabaja con Corriente Continua Polaridad Invertida. Entre más caliente sea el metal depositado mayor ductilidad tendrá el deposito. Sin embargo no debe exceder los limites del Amperaje.

AMPERAJES RECOMENDADOS PARA EL XL-610:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.02 mm | 70 a 115 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 90 a 160 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 120 a 210 Amp. |

ELECTRODO ZIP – 10 T

Electrodo para soldar aceros al carbón en pases de raíz. Para alta penetración

La AWS clasifica a este electrodo como: **AWS-E 6010**, y lo Especifica en su tabla como: **AWS A5.1**. la norma **ICONTEC 2191** y la **ASME SF A5.1**.

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

Es un Electrodo de revestimiento **Celulósico-Sódico**, con polvo de hierro. Posee alta tasa de deposición, excelente penetración, arco suave, fácil remoción de escoria y trabaja en todas las posiciones. Excelente calidad Radiográfica.

El ZIP-10T trabaja con corriente continua polaridad invertida en pases de raíz ascendente, y en pases de raíz vertical descendente trabaja con polaridad directa con la técnica de arrastre.

AMPERAJES RECOMENDADOS PARA EL ZIP-10T:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.2 mm | 90 a 120 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 130 a 155 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 150 a 180 Amp. |

TABLA COMPARATIVA DE ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBÓN

TABLA DE ELECTRODOS DEL TIPO E – 60 ACEROS AL CARBÓN

Baja y med penetra

AWS A 5-1

aceros al carbono

| AWS | REVESTIMIENTO | POSICION | CORRIENTE |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|
| E – 6010 | Celulosa y sodio | P-V-SC-H | CD-EP |
| E – 6011 | Celulosa y potasio | P-V-SC-H | CA-CD:EP |
| E – 6012 | Oxido de titanio y sodio - rutilo | P-V-SC-H | CA-CD:EN |
| E – 6013 | Oxido de titanio y potasio – rutilo | PV + SCH | CA-CD-EN |
| E – 6020 | Oxido de hierro y rutilo | FH | CA-CD:EN |
| E - 6027 | Oxido de hierro y polvo de Fe | PHP | CA-CD:EN |

ELECTRODO SW – 613

La AWS clasifica a este electrodo como: **AWS-E 6013**, y lo Especifica en su tabla como: **AWS A5.1**. la norma **ICONTEC 2191** y la **ASME SF A5.1**.

CARACTERÍSTICAS SOBRE SALIENTES:

El revestimiento es a base de **Rutilo y Potasio**, lo cual le da muy buena estabilidad de arco, inclusive al trabajar con corriente alterna con equipos de bajo voltaje en circuito abierto.

APLICACIONES TÍPICAS:

Carrocerías, Muebles Metálicos, Carpintería metálica, ornamentación, Laminas de Calibres delgados, ductos para Aire etc.

El SW-613 (E-6013) se utiliza con corriente alterna o continua, Polaridad directa ó Invertida. Arco corto y una velocidad de avance adecuada al tipo de junta y diámetro del electrodo. Ideal para trabajos en posiciones 1F, 2F (Plana y Horizontal).

AMPERAJES RECOMENDADOS:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.2 mm | 80 a 120 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 110 a 160 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 130 a 220 Amp. |

SUPER SW – 613

La AWS clasifica a este electrodo como: AWS-E 6013, y lo Especifica en su tabla como: AWS A5.1. la norma ICONTEC 2191 y la ASME SF A5.1.

CARACTERÍSTICAS SOBRE SALIENTES:

El revestimiento es a base de **Rutilo y Potasio**, lo cual le da muy buena estabilidad de arco, inclusive al trabajar con corriente alterna con equipos de bajo voltaje en circuito abierto

AMPERAJES RECOMENDADOS PARA EL SUPER SW-13:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.2 mm | 90 a 130 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 120 a 160 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 140 a 220 Amp. |

ELECTRODOS DE BAJO HIDRÓGENO

Electrodos para soldar aceros al carbón

WIZ 18 S

La AWS clasifica a este electrodo como: AWS-E 7018, y lo Especifica en su tabla como: AWS A5.1. la norma ICONTEC 2191 y la ASME SF A5.1.

CARACTERÍSTICAS SOBRE SALIENTES:

El WIZ 18 es un Electrodo cuyo revestimiento es de tipo básico, bajo Hidrógeno, trabaja con corriente directa o continua Polaridad invertida. Opera en todas las posiciones de soldeo. En soldeos de posición vertical ascendente es recomendable utilizar electrodos de diámetros inferiores a 5/32", arco corto, amperajes no muy altos y oscilaciones en zig-zag recto ó convexo, demorándolo en los extremos y pasando rápido por el centro.

AMPERAJES RECOMENDADOS:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.2 mm | 100 a 145 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 135 a 200 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 170 a 270 Amp. |

TABLA COMPARATIVA DE ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBÓN

TABLA DE ELECTRODOS DEL TIPO E – 70 ACEROS AL CARBÓN

Bajo hidrogeno

AWS- A5-1

Aceros al carbono

| AWS | REVESTIMIENTO | POSICION | CORRIENTE |
|---------------|-------------------------------------|------------------|------------------|
| E-7014 | Polvo de hierro titanio | PV-SC-H | CA-CD |
| E-7015 | Bajo hidrogeno sódico | PV-SC-H | CD-EP |
| E-7016 | Bajo hidrogeno potasico-basico | PV-SC-H | CA-CD-EP |
| E-7018 | Bajo hidrogeno potasio, polvo de Fe | PV-SC-H | CA-CD-EP |
| E-7024 | Polvo de Fe titanio | FH-P | CA-CD |
| E-7027 | Oxido de Fe y polvo de fe | FH-P | CA-CD-EN |
| E-7028 | Bajo hidrogeno potásico polvo de Fe | FH-P | CA-CD-EP |
| E-7048 | Bajo hidrogeno potásico polvo de Fe | P-SC-H-VB | CA-CD-EP |

DETERMINACION DEL AMPERAJE REQUERIDO

De acuerdo al diámetro del electrodo con que se valla a trabajar, al calibre del material base y a la posición a soldar el amperaje recomendado para cada pase o tipo de cordón se determinara de la siguiente manera:

Ver Formula de la pagina 89

TABLA COMPARATIVA DE AMPERAJE RECOMENDADO

| DIAMETRO | RAIZ | CALIENTE | RELLENO | PRESENTACION |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 3/32 | 60 - 80 | | | |
| 1/8 | 80 - 100 | 100 - 150 | 90 - 120 | 90 - 110 |
| 5/32 | 120 - 150 | 150 - 190 | 130 - 160 | 130 - 160 |
| 3/16 | | | 160 - 190 | 160 - 180 |

ESPECIFICACION DE LOS ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE POR LA AWS

La **AWS** clasifica los Electrodo de acero inoxidable de la siguiente manera: **AWS A5.4** y les designa con un prefijo “**E**”, tres dígitos, una o dos consonantes que pueden ser: **L, H** ó **b** y dos o tres dígitos más.

Para conocer estas designaciones veamos el significado de cada una de ellas:

- ◆ El prefijo: “**E**” significa Electrodo manual revestido
- ◆ Los tres primeros dígitos: **E - XXX** son la clase de acero inoxidable y su composición química.
- ◆ El ultimo digito de los tres primeros: **E - XXX** indica la posición a soldar. si termina en **No 1** quiere decir que se puede Soldar en todas las posiciones,
- ◆ Si es terminado en **No 2** se puede soldar en posición Horizontal,
- ◆ Si termina en **No 3** la soldadura se puede aplicar en posición vertical.
- ◆ Si termina en **No 5** quiere decir que trabaja con corriente continua polaridad invertida
- ◆ Si termina en **No 6** trabaja con ambas corrientes polaridad invertida.
- ◆ La letra “**L**” indica que el Electrodo es bajo en Carbono.
- ◆ La letra “**H**” indica que el electrodo es alto en contenido de carbono
- ◆ En los casos de los electrodos que llevan el **No 15** seguido de la consonante “**L**”, “**H**” ó “**b**”
Ej: **E - 308 L -15** indica que los electrodos contienen en el revestimiento cantidad considerable de carbonato de calcio y silicato de sodio como aglutinantes. Los Electrodo terminados en **15** proporcionan más penetración, un cordón más convexo y una escoria de mayor velocidad de solidificación, los cuales son mejor para la aplicación en posición vertical ascendente y sobre cabeza.
- ◆ Si termina en **No 16** luego de cualquiera de las consonantes “**L**”, “**H**” ó “**b**” indica que contiene carbonato de calcio para generar la atmósfera protectora, dióxido de titanio para mejorar la estabilidad del arco, silicato de potasio como aglutinante. Estos electrodos producen un deposito más uniforme, con menos salpicaduras y una escoria más fluida, lo cual dificulta su aplicación.

ELECTRODOS PARA SOLDAR ACEROS INOXIDABLES

CROMARCO 308 – 16

La AWS clasifica a este electrodo como: **AWS-E 308L-16**, y lo Especifica en su tabla como: **AWS A5.4**. la norma **ICONTEC 2290** y la **ASME SF A5.4**.

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

Su revestimiento es de tipo rutilico básico, suelda en todas las posiciones. Produce un arco suave y poca salpicaduras. Su escoria es de fácil remoción, buen acabado del cordón apariencia plana y suave.

Por su bajo contenido de carbono tiene más resistencia a la corrosión intergranular ya que esto impide la precipitación de carburos.

APLICACIONES TÍPICAS:

El CROMARCO 308L-16 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308, y 308L.

Se recomienda para su aplicación limpiar muy bien las juntas a unir como también las soldaduras terminadas con una grata de alambre de acero inoxidable para evitar contaminación de aceros al carbón.

Usar amperajes bajos con corriente alterna o continua polaridad invertida (+)

AMPERAJES RECOMENDADOS:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.2 mm | 70 a 100 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 100 a 135 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 130 a 180 Amp. |

CROMARCO 309 – 16

La AWS clasifica a este electrodo como: **AWS-E 309L-16**, y lo Especifica en su tabla como: **AWS A5.4**. la norma **ICONTEC 2290** y la **ASME SF A5.4**.

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

Su revestimiento es de tipo rutilico básico, suelda en todas las posiciones. Produce un arco suave y poca salpicaduras. Su escoria es de fácil remoción, buen acabado del cordón apariencia plana y suave.

Por su bajo contenido de carbono tiene más resistencia a la corrosión intergranular ya que esto impide la precipitación de carburos.

APLICACIONES TÍPICAS:

El CROMARCO 309L-16 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L. Puede emplearse en uniones **Disímiles (Aceros Inoxidables con Aceros al Carbón)** también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308, y 308L. Y aceros aleados al 12% de Cromo.

Se recomienda para su aplicación limpiar muy bien las juntas a unir como también las soldaduras terminadas con una grata de alambre de acero inoxidable para evitar contaminación.

Usar amperajes bajos con corriente alterna o continua polaridad invertida (+) Arco corto y cordones angosto

AMPERAJES RECOMENDADOS:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.0 mm | 70 a 100 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 100 a 135 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 130 a 180 Amp. |

CROMARCO 312 – 16

La AWS clasifica a este electrodo como: AWS-E 312-16, y lo Especifica en su tabla como: AWS A5.4. la norma ICONTEC 2290 y la ASME SF A5.4.

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

Su revestimiento es de tipo rutilico básico, suelda en todas las posiciones. Produce un arco suave y poca salpicaduras. Su escoria es de fácil remoción, buen acabado del cordón apariencia plana y suave.

Por su bajo contenido de carbono tiene más resistencia a la corrosión intergranular ya que esto impide la precipitación de carburos.

APLICACIONES TÍPICAS:

El CROMARCO 312-16 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L. Puede emplearse en uniones **Disímiles (Aceros Inoxidables con Aceros al Carbón)** también para la soldadura de acolchonado para recubrir luego con soldaduras duras como por ejemplo dientes de engranajes, palas etc.

Se recomienda para su aplicación limpiar muy bien las juntas a unir como también las soldaduras terminadas con una grata de alambre de acero inoxidable para evitar contaminación.

Usar amperajes bajos con corriente alterna o continua polaridad invertida (+) Arco corto y movimientos de oscilación rápida en cordones angostos.

AMPERAJES RECOMENDADOS:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.0 mm | 70 a 100 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 100 a 135 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 130 a 180 Amp. |

ELECTRODOS PARA RECUBRIMIENTOS DUROS

Bajo este titulo se clasifica una serie de electrodos que se usan para reconstruir o revestir, y no para construir, piezas que van a estar sometidas al desgaste. Consiste en aplicar una capa de soldadura sobre metales base que van a trabajar ya no a la tracción, compresión ó fatiga sino a rozamiento, abrasión, impacto, erosión etc.

Las principales características que deben cumplir los electrodos pertenecientes a este grupo son las siguientes:

- Resistencia a la abrasión
- Resistencia a la erosión
- Resistencia a la corrosión
- Resistencia a la fricción metal – metal
- Resistencia al impacto
- Resistencia a las altas temperaturas.

TABLA DE ELECTRODOS PARA RECUBRIMIENTOS DUROS

Electrodos para reconstrucción de piezas sometidas al desgaste

DUROWELD 450

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

Es un electrodo de tipo rutilicos de operación suave y excelente remoción de escoria. Produce cordones convexos lo cual le permite recubrir amplias áreas que requerirán poco o ningún acabado posterior. El deposito es maquinable con herramientas especiales. Posee buena resistencia al impacto y a la abrasión.

EL DUROWELD-450 trabaja con corriente continua o alterna polaridad invertida. Al soldar no recaliente la pieza ya que se pierde las propiedades de dureza del electrodo.

La composición química típica del metal depositado del **EL DUROWELD-450** es a base de: Carbono 0.25 a 0.40%, Silicio 0.20 a 0.60%, Manganeso 0.60 a 0.90%, Cromo 2.50 a 4.0%

AMPERAJES RECOMENDADOS:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.2 mm | 100 a 140 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 130 a 190 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 160 a 240 Amp. |

DUROWELD 550

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

Es un electrodo de tipo rutilicos de operación suave y excelente remoción de escoria. Produce cordones convexos lo cual le permite recubrir amplias áreas que requerirán poco o ningún acabado posterior. Deposito no maquinable. Posee buena resistencia al impacto y a la abrasión

EL DUROWELD-550 trabaja con corriente continua o alterna polaridad invertida. Al soldar no recaliente la pieza ya que se pierde las propiedades de dureza del electrodo.

La composición química típica del metal depositado del **EL DUROWELD-550** es a base de: Carbono 0.35 a 0.50%, Silicio 0.20 a 0.60%, Manganeso 0.70 a 1.00%, Cromo 3.00 a 4.50%

AMPERAJES RECOMENDADOS:

| Diámetro del Electrodo | Amperajes Recomendados |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1/8" = 3.2 mm | 100 a 140 Amp. |
| 5/32" = 4.0 mm | 130 a 190 Amp. |
| 3/16" = 4.8 mm | 160 a 240 Amp. |

Empacados en caja de 20 kls.

ESPECIFICACION DE LOS ELECTRODOS DE ALUMINIO POR LA AWS

La AWS especifica los Electrodos Revestidos y desnudos para soldar Aluminio de la siguiente manera: **AWS A 5. 3** y **AWS A 5.10**

El Aluminio de símbolo (Al), es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre. Su número atómico es 13 y se encuentra en el grupo 13 de la tabla periódica.

El aluminio se encuentra normalmente en forma de silicato de aluminio puro o mezclado con otros metales como el sodio, potasio, hierro, calcio y magnesio, pero nunca como metal libre.

La designación del aluminio consta de un sistema de numeración de cuatro dígitos, en donde el primero indica el grupo de aleación; el segundo señala el cambio de la aleación original o límites de impureza; el cero se utiliza para la aleación original, y los enteros del uno al nueve indican la modificación de la aleación.

En el grupo **1XXX** se indica el grado mínimo de impureza del 99%

Los dos últimos dígitos son los mismos que los dos a la derecha del punto decimal en el porcentaje mínimo de aluminio cuando se expresa a casi el 0.01% de este modo se expresa que el 1060 indica un material de 99.60% mínimo de pureza de aluminio y ningún control especial sobre las purezas individuales.

| ELEMENTO DE ALEACION | NUMERO DE ALEACION |
|----------------------|--------------------|
| Aluminio 99% | 1XXX |
| Cobre | 2XXX |
| Manganeso | 3XXX |
| Silicio | 4XXX |
| Magnesio | 5XXX |
| Magnesio y Silicio | 6XXX |
| Zinc | 7XXX |
| Otro elemento | 8XXX |
| Series no utilizadas | 9XXX |

ELECTRODOS PARA SOLDAR ALUMINIO

IDENTIFICACIÓN POR LA AWS: E-4043

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

Debido al contenido de Silicio permite una buena fluidez del charco metálico a temperaturas típicas de aplicación, produciendo cordones de muy buena sanidad y calidad del depósito.

APLICACIONES TÍPICAS:

El electrodo E- 4043 de aluminio es un electrodo de uso general. Se utiliza para la unión y reparación de piezas de aluminio y sus aleaciones tales como el 1100, 1350, 3030, como también las aleaciones de aluminio – magnesio al 2.5 %.

RECOMENDACIONES PARA SU APLICACIÓN:

Utilice corriente continua, electrodo positivo. Debido a la alta conductividad térmica del metal base, generalmente se requiere precalentamiento de 120 a 250° C, para conseguir una buena fusión del metal con el electrodo. Materiales de más de 6 mm de espesor en su chapa requieren de la preparación de entre los 70 y 90 grados, o mejor un chaflán de 35 a 45°.

| DIÁMETRO DEL ELECTRODO | AMPERAJE RECOMENDADO |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1/8" = 3.2 mm | 70 – 100 AMP. |

PARA MEJOR INFORMACIÓN SOBRE LOS ELECTRODOS DE ALUMINIO FAVOR CONSULTAR CATALOGO DE LA WEST-ARCO

ELECTRODOS ALAMBRES PARA MIG-MAG

DESIGNACIÓN DE LOS ELECTRODOS ALAMBRES MIG-MAG PARA ACEROS AL CARBONO POR LA AWS :

La AWS designa a los electrodos alambres para soldaduras MIG-MAG de Aceros al Carbón de la siguiente manera:

[AWS ER 70S-6](#)

La WEST- ARCO identifica este electrodo alambre de la siguiente manera:

[WEST-ARCO WA 86](#)

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

El WA-86 es un alambre sólido con niveles altos de silicio y manganeso, que la brindan excelentes características de desoxidación especialmente cuando se está soldando sobre piezas o laminas oxidadas o aceros efervescentes y le permite trabajar con elevado amperaje. El silicio adicional produce un charco de metal más fluido y por lo tanto un cordón más plano. Este alambre trabaja con gas CO₂ más ARGON.

APLICACIONES TÍPICAS:

El WA-86 está diseñado especialmente para soldar chapas de laminas delgadas. Se utiliza en la reparación de ejes, fabricación de tanques, estructuras metálicas, carrocerías, equipos agroindustriales, rines de automóviles etc.

| DIÁMETRO DEL ALAMBRE | AMPERAJE RECOMENDADO | CONTENIDO DEL EMPAQUE |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 0.76 mm (0.030") | 60-160 Amp | Carrete de 5-15 Kls |
| 0.90 mm (0.035") | 80-220 Amp | Carrete de 15 Kls |
| 1.02 mm (0.040") | 90-280 Amp. | Carrete de 15 Kls |
| 1.14 mm (0.045") | 100-340 Amp | Carrete de 15 Kls |
| 1.06 mm (0.62") | 250-500 Amp | Rollo de 30 Klos |

DESIGNACIÓN DE LOS ELECTRODOS DE APORTE PARA TIG

El proceso de soldadura TIG emplea corriente continua, polaridad directa, es decir, con el polo negativo en el electrodo. Para el soldeo de chapas delgadas el proceso de soldadura Tig con arco pulsado, proporciona un control ideal de calor. Esto es particularmente ventajoso en las chapas inoxidable.

Existe una regla para determinar el amperaje correcto y es el de calcular de 30 a 40 Amp., por mm de espesor de la chapa.

En espesores de chapas superiores a 6 mm., solo se realiza el pase de raíz y se termina la junta con otro proceso de soldadura menos con tig ya que los costos se elevarían. En estos casos se emplea el electrodo revestido ó el proceso Mig.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO SMAW

En la práctica, el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, se resume de la siguiente manera:

Las piezas por unir se colocan apropiadamente en el lugar de trabajo, y se conectan por medio de un cable a uno de los terminales de la maquina de soldar. El electrodo se fija en el porta electrodo que esta conectado al otro Terminal de la maquina mediante un segundo cable. El porta electrodo es un implemento en forma de tenaza, que va provisto de una mordaza intercambiable de cobre y un mango de caucho o fibra, con el fin de aislar al operario de la electricidad y el Calor.

Dependiendo de las dimensiones de las piezas por unir el diámetro y tipo de electrodo, se conecta la máquina de tal forma que suministre la cantidad de electricidad requerida, y que trabaje con la polaridad apropiada, esto último en el caso de utilizar equipos de corriente continua.

Se pone la maquina en funcionamiento y se rosa el extremo del electrodo con la pieza, estableciéndose un circuito de corriente eléctrica, y de inmediato se levanta el electrodo a una distancia relativamente pequeña (1.5 a 2 mm); la corriente eléctrica se ve forzada a saltar esa distancia, y encuentra un medio apropiado para hacerlo, por cuanto el aire cercano al lugar donde se estableció el circuito se ha calentado, y por lo tanto ha quedado ionizado.

Al soltar la corriente, lo hace en forma de chispa o descarga eléctrica, que debido a su elevada temperatura hace que el metal base se derrita en el lugar de la unión, y que el núcleo del electrodo se funda depositándose gota a gota en el trabajo, y que el revestimiento al descomponerse, cumpla las funciones anunciadas en los párrafos anteriores.

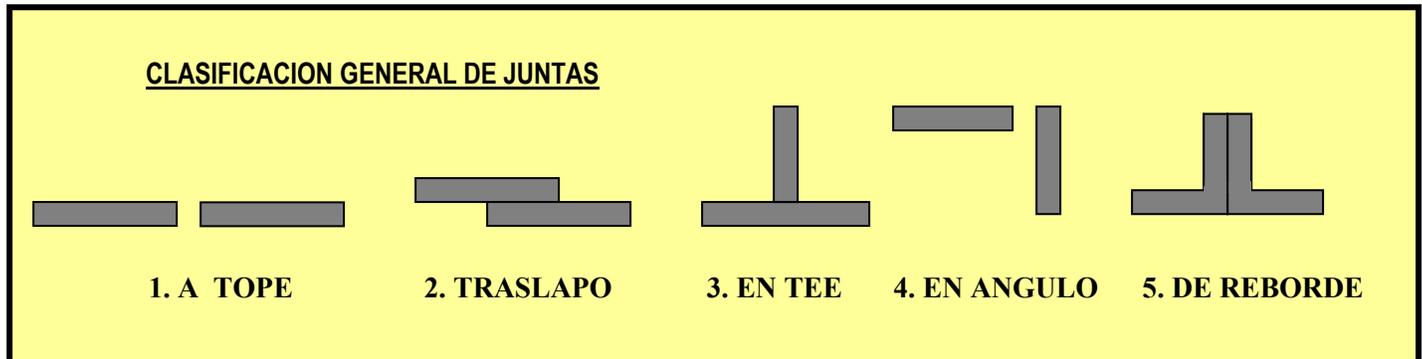
Para un correcto uso del proceso de soldadura por arco eléctrico con el electrodo manual revestido, hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- PREPARACION DE LAS PIEZAS POR SOLDAR
- POSICION A SOLDAR
- SOLDABILIDAD DE LOS METALES
- APLICACIÓN DE LA SOLDADURA
- INSPECCION DE LA SOLDADURA
- NORMAS DE SEGURIDAD
- COSTOS DEL PROCESO

GEOMETRIA DE UNIONES SOLDADAS

Existen cinco maneras geométricas fundamentales de lograr una unión entre dos objetos y se diferencian entre si por la forma como se ensamblan uno en relación al otro. Las cinco formas básicas fundamentales para unir dos piezas son a saber:

1. A TOPE CON O SIN BISEL
2. DE SOLAPE O TRASLAPO
3. EN TEE
1. DE REBORDE
2. EN ANGULO O DE ESQUINA



FACTORES A COSIDERAR AL SELECCIONAR UN DISEÑO DE JUNTA SOLDADA.

La mayoría de los diseñadores metal-mecánicos se basan en los cinco tipos básicos de carga sobre una construcción soldada, para realizar un análisis de esfuerzos en las estructuras a construir. El diseñador debe determinar completa y exactamente las cargas que se encontrarán.

1. CARGA DE DE TENSION O CONTRACCION
2. CARGA DE COMPRESION
3. CARGA DE FLEXION
4. CARGA DE TORSION
5. CARGA DE CIZALLAMIENTO O DE CORTE

El análisis de esfuerzo debe comprender: las cargas estáticas y dinámicas, incluyendo el impacto y la fatiga que se puedan presentar.

La estructura debe soportar: su propio peso, las cargas muertas, las cargas superpuestas y las fuerzas producidas por todas las condiciones de servicio, así como las cargas y fuerzas centrífugas, acciones frenantes, transmisión de carga y cargas en la construcción.

Al considerar cargas y esfuerzos en una construcción soldada, hay que recordar que dicha construcción es una estructura monolítica, y que todas las piezas deben trabajar juntas.

Esto quiere decir que una carga impuesta en uno de sus miembros estructurales soldados se transmite a través de las uniones de soldadura. La mayor parte del **diseño de soldaduras** se clasifica en:

- DISEÑO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL
- Y
- DISEÑO DE SOLDADURA MECANICO

□ DISEÑO DE SOLDADURAS ESTRUCTURALES

Se refiere a estructuras grandes que generalmente están constituidas por secciones de aceros rolados en caliente como ángulos, barras, vigas, placas, etc..., conectadas por soldaduras en sus puntos de intersección.

□ DISEÑO DE SOLDADURAS MECANICO

En el diseño de maquinaria industrial generalmente implica soldaduras mas pequeñas y mas compactas que una partes o placas de aceros cortadas ya sea térmica o mecánicamente.

FURMULA PARA HALLAR CARGAS DE TENSION

Las fuerzas internas llamadas cargas de tensión que se presentan dentro de una estructura soldada pueden calcularse con la siguiente formula:

$$S = \frac{F}{A} \quad \text{ò bien} \quad S = \frac{F}{t l}$$

Donde:
S = Carga de tensión
F = Fuerza de tracción axial
A = Área de la sección transversal
t = Espesor del material
l = Ancho del material

Entonces la carga axial (F) que significa Fuerza de tensión o tracción se divide por la carga paralela al eje que es el área de la sección transversal (A) que es el producto del espesor y la anchura del material (t, l)

NOTA:

las técnicas de análisis de diseño son diferentes para cada uno de los procesos (Estructural y Mecánico)

TIPOS DE SUELDAS BASICAS

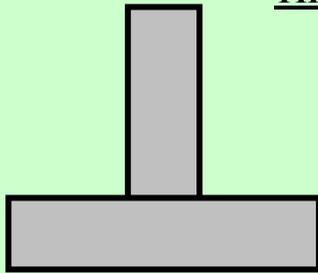
En Soldadura llámese por Arco Eléctrico ó por Oxi-gas existen dos tipos de Suedas básicas a saber:

- **SUEDA DE FILETE**
- **SUELDA A TOPE**

En estos tipos de Suedas encontramos que las hay de Filete con o sin Chaflán y a Tope con o sin Bisel, en la forma como lo indica la figura No 16.

Fg- 16

TIPOS DE SUELDAS BASICAS



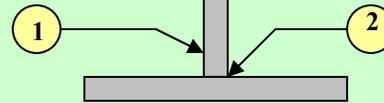
SUELDA DE FILETE



SUELDA A TOPE CON BISEL

PARTES BASICAS DE UNA UNION EN FILETE

1. LADO DEL FILETE
2. RAIZ DE LA JUNTA SIN CHAFLAN



LADO DEL FILETE:

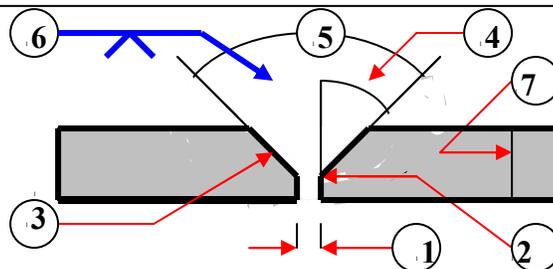
Distancia comprendida desde la Raíz de la Junta al borde exterior de del filete.

RAIZ DE LA JUNTA:

Es el punto donde la parte posterior de la suelda intersecta el metal base.

PARTES BASICAS DE UNA UNION A TOPE CON BISEL

1. ABERTURA DE LA RAIZ
2. CARA DE LA RAIZ (Hombro)
3. CARA DEL BISEL
4. ANGUL DEL CHAFLAN
5. ANGULO DE LA JUNTA
6. SÍMBOLO DE LA UNION
7. ESPESOR DE LA LAMINA



SUELDAS A FILETE

Las sueldas a Filete se identifican con la letra “**F**” y se ensambla con o sin chaflán de acuerdo al diseño de junta. Para identificar las posiciones de soldeo en juntas de Filete se le antepone a la letra “**F**” el numero correspondiente a la posición del soldeo. Ejemplo: **1F** = **Posición Plana** etc.

SUELDAS A TOPE

Las sueldas a tope con bisel se identifican con la letra “**G**” y se ensamblan con todo tipo de bisel. Para identificar las posiciones de soldeo en juntas a tope se le antepone a la letra “**G**” el numero correspondiente a la posición de soldeo. Ejemplo: **1G** = **Posición Plana** etc.

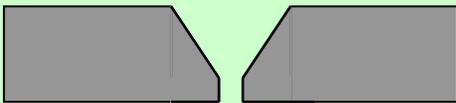
CLASIFICACION GENERAL DE JUNTAS

Cualquier proceso de soldadura tiene como función el obtener una unión entre dos o más objetos. El punto donde se hace o ha de lograr la unión se denomina **Junta**. Y cuando esto ha ocurrido, cuando se ha realizado la unión con soldadura, el punto se llama **Ensamble o Junta Soldada**.

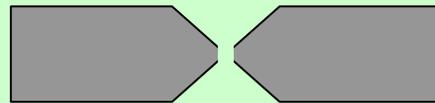
A continuación se dan como ejemplo los tipos de biseles más comunes que se pueden presentar en los diseños de las estructuras soldadas

TIPOS DE JUNTAS BASICAS CON CHAFLAN O BISEL

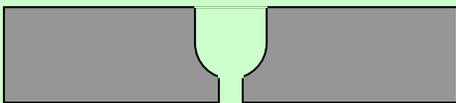
JUNTA EN “V” SENCILLA



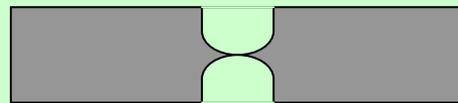
JUNTA EN “V” DOBLE



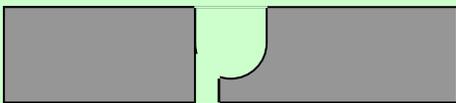
JUNTA EN “U” SENCILLA



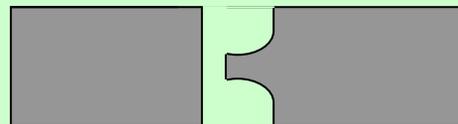
JUNTA EN “U” DOBLE



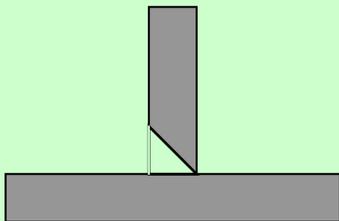
JUNTA EN “J” SENCILLA



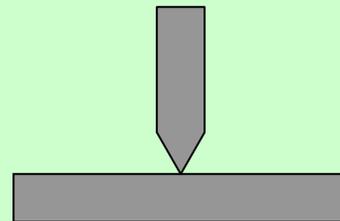
JUNTA EN “J” DOBLE



JUNTA EN “T” CON CHAFLAN



JUNTA EN “T” CON CHAFLAN DOBLE



POSICIONES BASICAS DEL SOLDEO

En el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, la soldadura se puede aplicar en las posiciones siguientes:

- PLANA _____ (P)
- VERTICAL _____ (V)
- HORIZONTAL _____ (H)
- SOBRE CABEZA. _____ (SC)

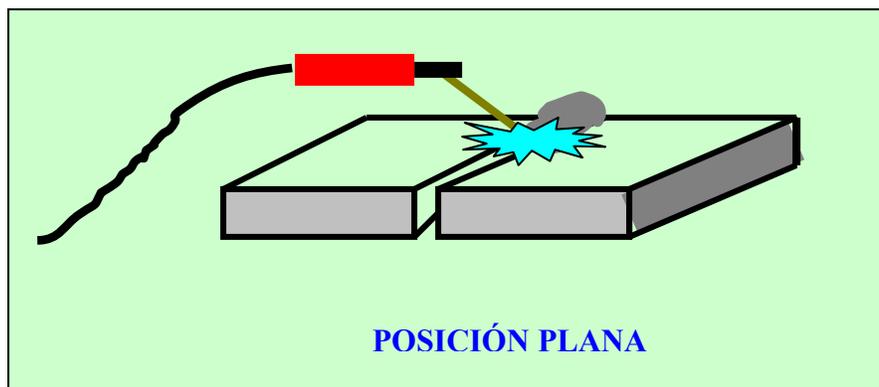
EN SOLDADURA DE FILETE las Posiciones de Soldeo se identifican de la siguiente manera:
1F=Posición Plana, 2F = Posición Horizontal, 3F = Posición Vertical, 4F = Sobre Cabeza

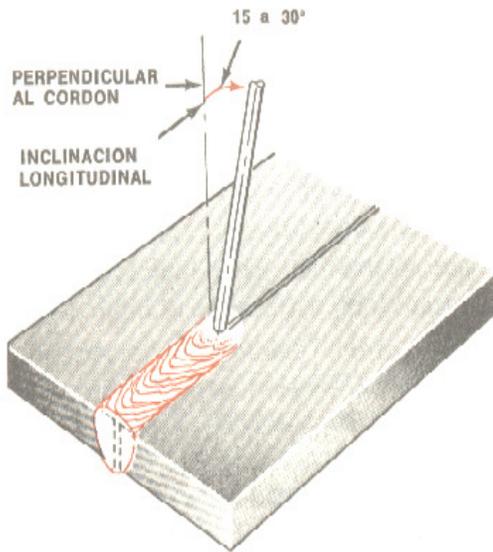
EN SOLDADURAS A TOPE las posiciones de Soldeo se identifican de la siguiente manera:
1G=Posición Plana, 2G = Posición Horizonte, 3G = Posición Vertical, 4G = Sobre Cabeza

EN SOLDADURAS DE TUBERÍA las posiciones de soldeo se clasifican en:
2G = HORIZONTAL, 5G = VERTICAL ASCENDENTE ó DESCENDENTE, 6G = A 45°

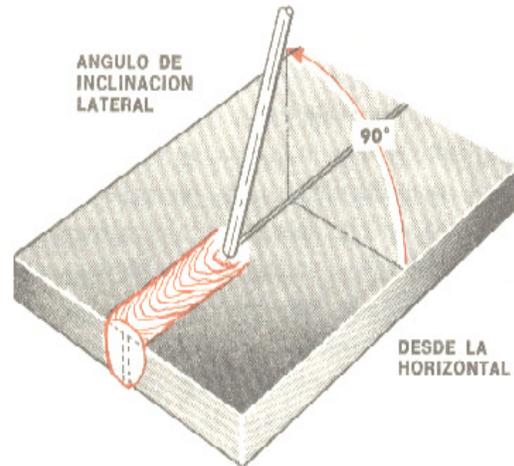
POSICIÓN PLANA:

Es aquella en la cual el soldeo se efectúa desde el lado superior de la unión, la pieza permanece en un plano horizontal a 180 grados debajo de la mano con respecto a la superficie de la mesa de trabajo, y el metal se deposita en forma practica dando como resultado un cordón de soldadura plano, homogéneo y de buena apariencia. En cuanto a lo posible tratemos de ubicar las piezas a soldar en posición plana ya que esta evita perdidas tanto de tiempo cómo de material de aporte.





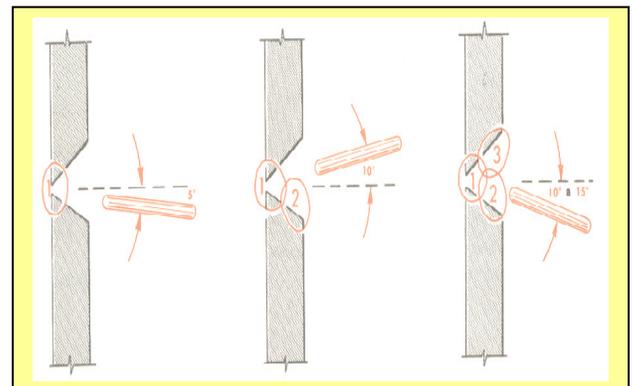
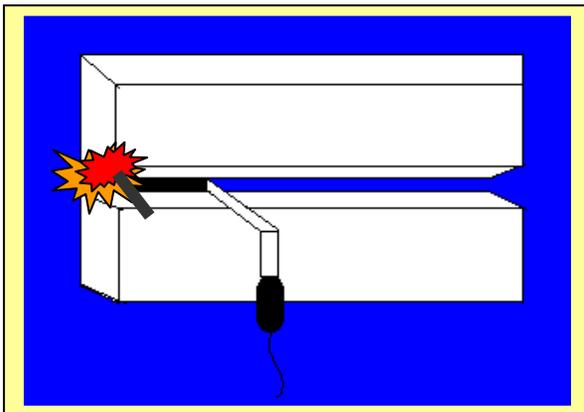
POSICIÓN PLANA



POSICIÓN HORIZONTAL

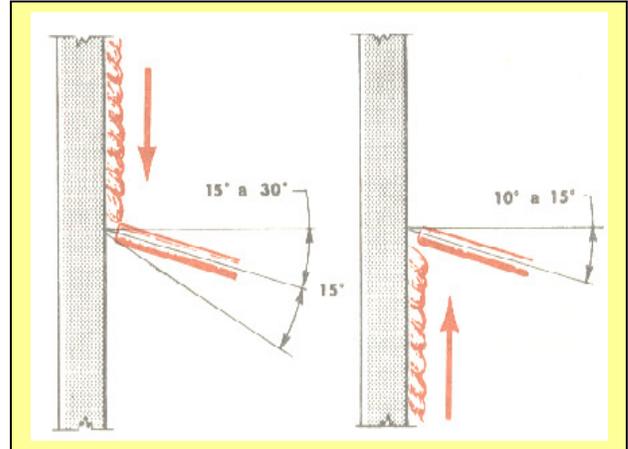
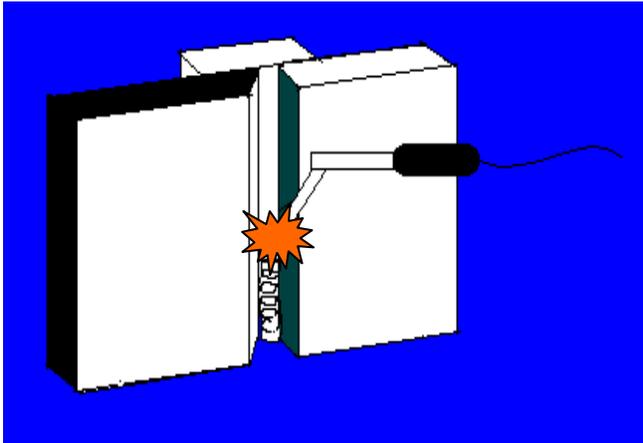
Esta posición de soldadura como su nombre lo indica, la unión a soldar se realiza en un plano de 90 grados horizontalmente. Esto quiere decir que si vamos a realizar una unión en filete horizontal (2F), la pieza que recibe a la de filo se ubicará en posición horizontal a 90 grados, y la de filete se ensamblará tangencialmente a 180 grados con respecto a la mesa de trabajo.

Si la unión es a tope con bisel las piezas a unir se ubicarán en un plano horizontal a 90 grados, una sobre la otra enfrentando los biseles y conservando la separación de raíz o intersticio.



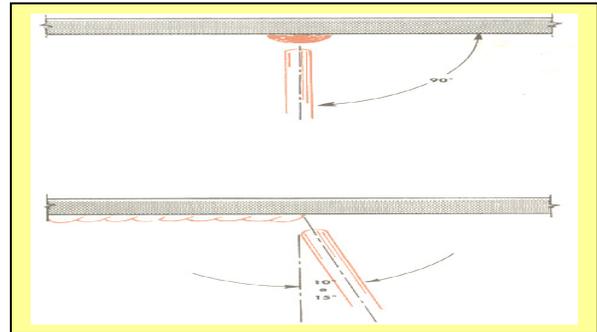
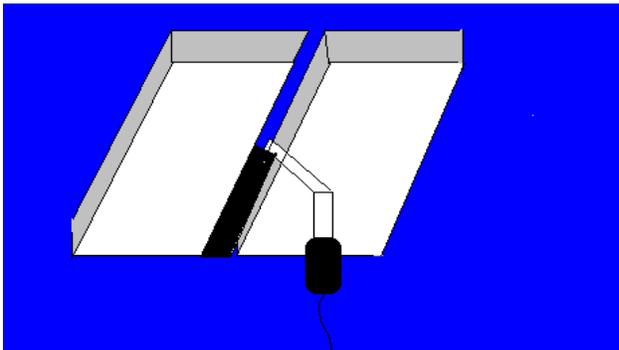
POSICIÓN VERTICAL:

La siguiente figura muestra esquemáticamente esta posición, los cordones se ejecutan siguiendo la dirección de un eje vertical. El electrodo se puede desplazar de dos maneras; subiendo o bajando.



POSICIÓN SOBRECABEZA:

A diferencia de la posición plana la mano se coloca debajo del trabajo y la soldadura se ejecuta de la manera como se ilustra en la figura.



Las cuatro posiciones anteriores son las que se denominan fundamentales. En la práctica se pueden presentar trabajos donde se utilizan posiciones intermedias, como lo puede ser en un plano inclinado. También se puede presentar el caso de trabajos donde la unión se completa utilizando dos o más posiciones; en la soldadura de tuberías de oleoducto, por ejemplo, la unión se logra utilizando básicamente la posición plana, la vertical y la sobre cabeza.

Dentro del grupo físico de funciones del revestimiento, se incluye aquella de dirigir la fuerza del arco eléctrico y orientar el metal fundido en la dirección deseada. El metal fundido del núcleo del electrodo tiende a caer al suelo cuando se suelda en posiciones

SÍMBOLOGÍA DE LA SOLDADURA

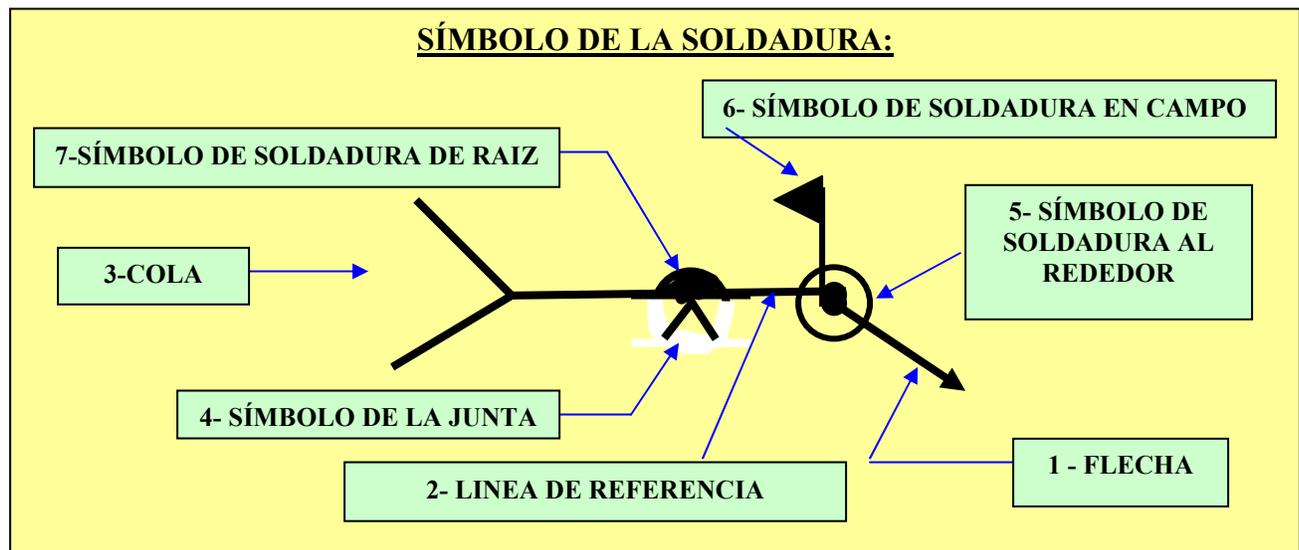
La AWS en los años treinta elaboró y estableció en EU un sistema de Símbolos para identificar la localización de las Soldaduras y transmitir esta información de los Diseñadores a los Constructores y Soldadores de piezas mecánicas a través de Planos.

Para lograr esta comunicación se diseñaron un Sistema de Símbolos con los cuales se puede interpretar claramente las Ideas del Diseñador.

PARTES DEL SÍMBOLO DE SOLDADURA

El símbolo de soldadura consiste de siete elementos, que pueden usarse o no, en cada uno de los casos.

1. FLECHA
2. LINEA DE REFERENCIA
3. COLA
4. SÍMBOLO DE LA JUNTA O BISEL
5. SÍMBOLO DE SOLDADURA ALREDEDOR
6. SÍMBOLO DE SOLDADURA EN CAMPO
7. SÍMBOLO DE SOLDADURA DE RAIZ



FUNCION DE LOS ELEMENTOS DEL SÍMBOLO DE SOLDADURA

La Función de cada uno de los Elementos del Símbolo de Soldadura son las siguientes a saber:

LA FLECHA: señala o apunta la ubicación de la Soldadura en la Junta a realizar. Se debe tener cuidado al momento de señalar el lado que indica la flecha ya que dependiendo de esta se ubicará la Soldadura.

LA LINEA DE REFERENCIA: se usa para ubicar en ella los Símbolos de la Soldadura, tipo de unión, clase de bisel, dimensiones del cordón etc. La parte superior de la línea de referencia indica el sitio más lejano de la unión de soldadura, la parte inferior indica la más cercana. El símbolo de la

junta y el tipo de bisel se dibujan en la línea de referencia cerca al vértice que se forma entre la flecha y la línea de referencia. Al lado izquierdo del Símbolo de la junta se anotarán las dimensiones del cordón de soldadura, el símbolo de la raíz y espesor del material base.

LA COLA: se emplea para incluir información adicional tal como: el tipo de Electrodo, tipo de corriente, polaridad, posición a Soldar etc.

SÍMBOLO DE LA JUNTA O BISEL : indica el tipo de unión y tipo de Bisel en la junta de soldadura, ya sea de Filete o a Tope.

SÍMBOLO DE SOLDADURA ALREDEDOR: símbolo básico que se ubica en el vértice entre la línea de referencia y la flecha para indicar que se debe soldar todo alrededor. Ejemplo: el cordón de Soldadura en la unión de un tubo y una platina alrededor. Este símbolo se representa con un Circulo ubicado alrededor del vértice entre la flecha y la línea de referencia.

SÍMBOLO DE SOLDADURA EN CAMPO: este Símbolo nos indica que la junta se realizará en Campo o montaje y en el sitio donde se ensambló y en la posición como quedó en el momento del prefabricado. Este símbolo se representa con un punto en el vértice de la intersección entre la línea de referencia y la flecha, una línea vertical que se inicia en el punto y termina izando una bandera tipo golf.

-

PROCEDIMIENTO PARA EMPESAR A SOLDAR

En los capítulos anteriores vimos en forma ordenada los tipos de procesos de soldadura más utilizados en la industria metalmeccánica, nociones de electricidad, fuentes de poder, los electrodos, tipos de juntas a soldar, clases de bisel, símbolos de soldadura, posiciones a soldar y ahora veremos el principio de funcionamiento del arco eléctrico, no sin antes, realizar una lista del orden como se debe programar el procedimiento para empezar a soldar.

Una vez preparado el material a soldar (juntas), seleccionaremos y prepararemos los siguientes elementos:

1. PLANO DE CONSTRUCCIÓN
2. ORGANIZAR Y ADECUAR EL ÁREA DE TRABAJO
3. LIMPIAR EL BANCO Y ALREDEDORES DEL SITIO DE TRABAJO
4. PREPARAR LOS IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD Y SALUBRIDAD (biombos, extintores, cintas de seguridad, cinturones, botiquín, extractores de humos y polvos de soldadura, etc.)
5. ALISTAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (gorra o capucha, careta de soldar, mono-gafas de seguridad, protectores auditivos, tapa-bocas contra humos y polvos de soldadura, overol de mangas largas, mangas de cuero, pechera o peto de cuero, polainas, botas de seguridad.
6. ALISTAR HERRAMIENTAS MANUALES Y ELECTRICAS (para desbastar excesos de soldadura, pulir superficies externas e internas, cortar, tronzar, enderezar, medir, trazar nivelar, etc,
7. ALISTAR Y PREPARAR EL EQUIPO DE SOLDADURA (Reportar Fallas)
8. SELECCIONAR, CLASIFICAR Y ALISTAR ELECTRODOS REVESTIDOS
9. SELECCIONAR EL TIPO DE JUNTA
10. PREPARAR EL MATERIAL A SOLDAR (BISELAR)
11. SELECCIONAR LA POSICIÓN A SOLDAR
12. ALISTAR LOS PARÁMETROS DE SOLDADURA (de acuerdo al espesor del material)
13. ENCIENDA LA MAQUINA DE SOLDAR
14. ASEGURESE QUE LOS CABLES DE LA MAQUINA ESTEN EN BUEN ESTADO
15. PREPARESE PARA SOLDAR

ENCENDIDO Y CONTROL DEL ARCO

Luego de alistar los preparativos que exige el principio de funcionamiento y antes de iniciar el proceso de soldadura y proceder a realizar el arco eléctrico debemos tener la **precaución** de no ir a instalar la maquina de soldar en la toma de energía equivocada, **examinar** que no estén rotos los cables tanto de entrada de energía a la maquina como los de polaridad, **retirar** del área de trabajo todo elemento y producto **combustible** e **inflamable** que ocasione incendios, tales como: Papel, Tela, Madera, Caucho, Pintura, Catalizadores, Combustibles Hidrocarburos, Grasas y Aceites

TÉCNICAS DE ENCENDIDO DEL ARCO

Existen dos técnicas básicas para encender el arco eléctrico con electrodo manual revestido:

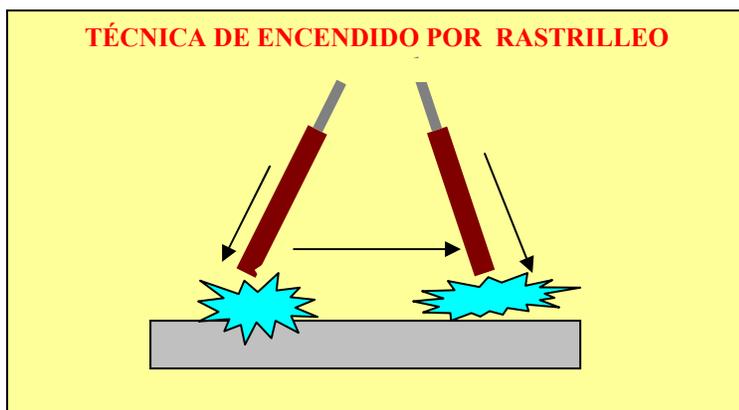
- **POR RASTRILLADO**
- **POR GOLPETEO**

TÉCNICA DE ENCENDIDO DEL ARCO POR RASTRILLADO

Cuando trabajamos con una fuente de poder de corriente alterna la técnica de rastrillado es la más adecuada. El movimiento es similar al encendido de un fósforo. Para dar inicio al arco eléctrico coloque el electrodo por el extremo del núcleo que se encuentra desnudo en el porta-electrodo, en un ángulo aprox. De 20° a 25° en relación a la vertical, rastrille el extremo del electrodo contra la pieza de trabajo como si fuera un fósforo y automáticamente se obtiene un fognazo.

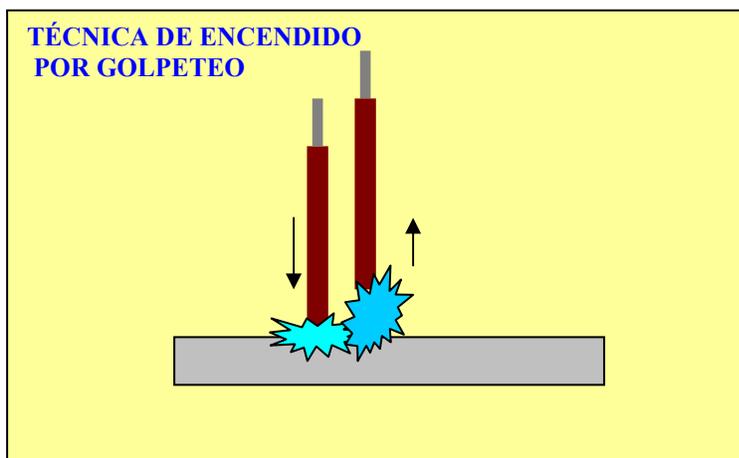
Retiramos de inmediato el extremo del electrodo a una altura de 6 a 8 mm con respecto a la pieza de trabajo, para luego acercarlo rápidamente a la pieza a una altura igual dos veces el diámetro del electrodo mientras controlamos el arco, luego lo bajaremos a una altura igual o menor que el diámetro del núcleo del electrodo, lo mantendremos a esa distancia dándole un movimiento de oscilación en forma de zig-zag recto, hasta lograr depositar un metal de soldadura en forma de cordón trenzado.

Los primeros intentos serán en vano, se pegará el electrodo a la pieza por acercarlo demasiado, por bajo amperaje, por inestabilidad de pulso del operario etc. Si esto sucede oprima la pinza de soldar y retírela del electrodo, para luego remover el electrodo de la platina de trabajo con unas pinzas. Aumente el rango del Amperaje en la maquina, disminuya el diámetro del electrodo si no es el indicado



TÉCNICA DE ENCENDIDO DEL ARCO POR GOLPETEO

Sostenga el electrodo en posición vertical y golpee con el extremo la platina de trabajo con un movimiento rápido para producir el arco, retirándolo a una altura considerable e impedir que el electrodo se pegue al metal base, para luego acercarlo a una altura de 3mm de la pieza aproximadamente.



QUE ES UN CORDÓN DE SOLDADURA

Un cordón de soldadura es un depósito continuo de metal fundido producido por un arco eléctrico que se deposita sobre la superficie del metal base. El cordón de Soldadura está constituido por el metal base y el del Electrodo, formando un solo metal aleado con las mismas propiedades homogéneas.

COMO DEPOSITAR UN BUEN CORDÓN DE SOLDADURA

Para depositar un buen cordón de soldadura debemos establecer las siguientes variables esenciales:

1. **Regular el amperaje de la maquina de acuerdo a:**
 - Calibre o espesor del material base
 - Diámetro del electrodo
 - Posición a soldar
2. **Seleccionar la polaridad de acuerdo a:**
 - Tipo de Electrodo
 - Tipo de corriente
3. **Seleccionar el diámetro del electrodo de acuerdo a:**
 - Calibre del material base
 - Posición de la soldadura

hay que iniciar el arco y desplazar el electrodo a lo largo del metal base con una velocidad aprox. de 80 mm por minuto, manteniendo el extremo del electrodo a una distancia de la pieza a soldar ligeramente menor o igual al diámetro del núcleo del electrodo, con un ángulo de 15° a 20°, en sentido del avance y a 90° con respecto a la pieza de soldar, realizando movimientos de oscilación en el electrodo que proporcionan un tejido uniforme en el metal fundido, dando como resultado un cordón de Soldadura uniforme y de buena apariencia.

Si la velocidad de avance es excesiva el cordón quedará delgado y la soldadura no penetrará. Si por el contrario la velocidad es muy lenta el metal se desborda sobre la superficie del metal base, dando como resultado cordones gruesos y abultados; además ocasiona pérdidas en desperdicio de soldadura y tiempo perdido.

PRIMEROS EJERCICIOS DE SOLDADURA PARA DOMINAR EL ARCO

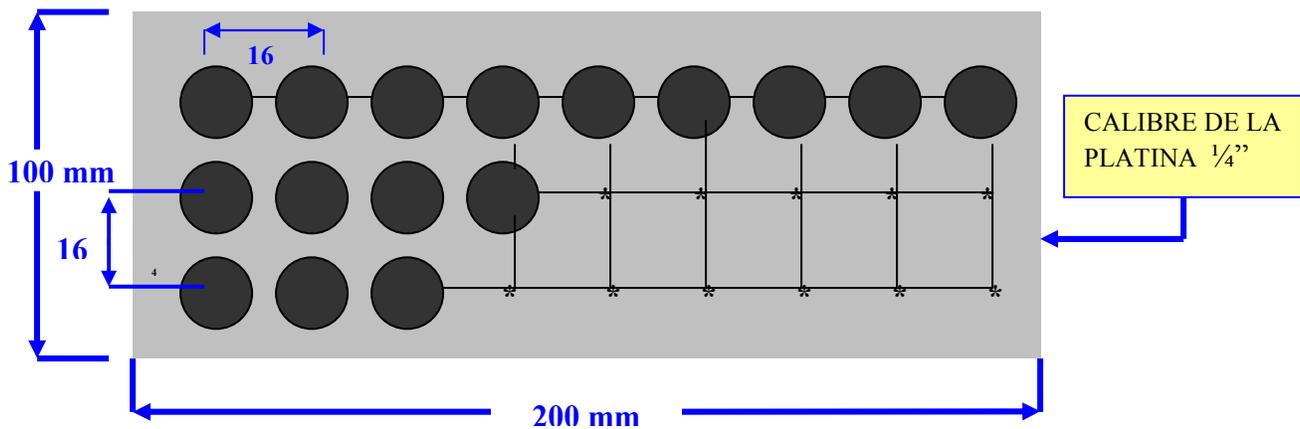
PRACTICAS DE PUNTEADO:

Para realizar las practicas de punteado necesitamos disponer de un material base en acero de bajo contenido de carbono. La chapa de acero a Soldar es una lamina de ¼ a ½” de espesor, y con unas dimensiones de 100 mm de ancho por 200 mm de largo.

Con una Regla, un Flexómetro, un Rayador, un centro-puntos realizamos trazos con separaciones entre sí de 16 mm en toda la superficie de la chapa y, sobre estos centros, realizaremos depósitos de soldadura en forma de botones planos de 3/8” de diámetro aproximadamente, hasta rellenar toda la superficie de la plancha con puntos.

(La figura que vemos a continuación nos da una idea clara de lo que vamos a realizar.)

EJERCICIO DE PUNTEADO



PRECAUCION:

Antes de empezar a soldar no olvide colocarse todos los implementos de protección personal, examinar la creta de soldar y verificar que el filtro oscuro esté en buen estado y sea el correcto para el amperaje a trabajar. Los Rayos ultravioleta laceran las vistas pudiendo dejar ciega la persona que se exponga a prolongadas secciones de soldeo sin Careta. Por lo tanto se recomienda no Soldar sin Careta. **¡ EXITOS !**

TÉCNICA PARA APLICAR UN CORDÓN DE SOLDADURA

Una vez se adquiera practica de encendido de Arco y podamos realizar ejercicios de punteado, procederemos a realizar cordones de soldadura rectilíneos con la técnica de almohadillado.

Para iniciar el arco podemos utilizar la técnica de rastrillado ó de golpeteo y luego mantener una longitud de arco estable, conservando la altura del extremo del electrodo con respecto a la pieza, a una altura de 2 a 3 mm, con un ángulo de trabajo de 45° y un ángulo de avance de 5° a 15°, aplicando un movimiento al electrodo definido de acuerdo a la posición de soldadura. Recuerde que a medida que el electrodo se va consumiendo es necesario que vaya bajando la mano para mantener la longitud apropiada del Arco. Cuando llegue al final del recorrido, finalización del cordón o cuando termine la junta soldada retroceda un poco para rellenar bien el cráter que queda al final, para que el cordón quede parejo del tamaño y altura exigidos.

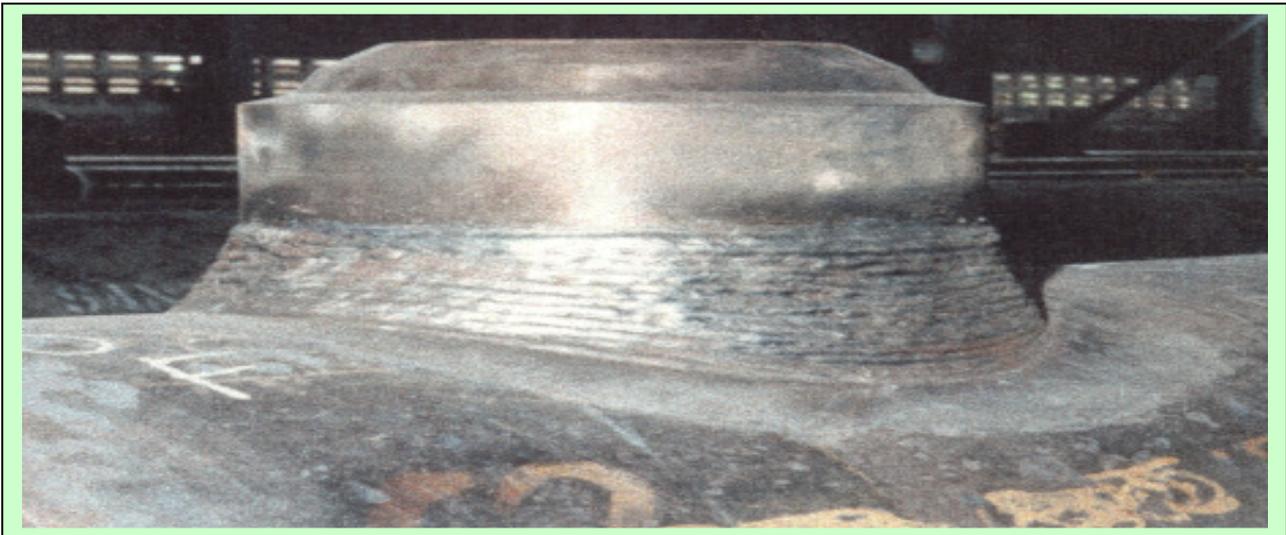
No remueva la escoria del cordón de soldadura hasta que este no haya Solidificado. Esta operación se realiza con **gafas de seguridad** o careta de pulir, guantes y pinzas para trabajo en caliente.

Una vez realizado el ejercicio de punteado y hayamos adquirido destreza en el dominio del encendido y control del arco eléctrico, procederemos a realizar recargue de cordones rectilíneos en posición plana en forma de almohadillado.

Cuando no se conoce la forma de calibrar o regular el amperaje obtimo se recomienda graduar la maquina en el punto medio del rango estipulado por el fabricante del electrodo o el de la maquina, y partimos de ahí en la medida en que lo requieran tanto el electrodo, el espesor de la chapa y la posición a soldar.

Un cordón de soldadura debe ser totalmente uniforme desde su comienzo hasta su fin, tener las mismas dimensiones tanto de ancho como de alto, liso sin altibajos, sin faltas de fusión, sin destrozamiento o socabaduras y con un acabado final de deposito sin cráter ni poros.

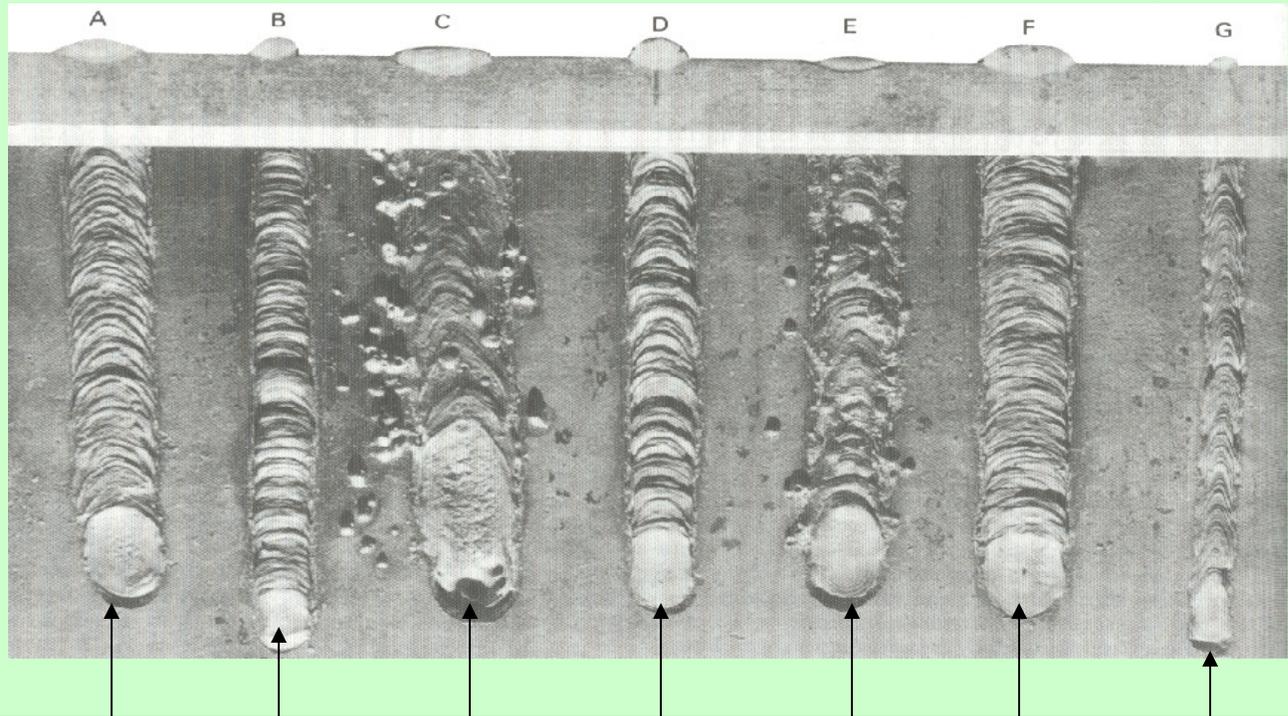
EJERCICIOS DE SOLDADURAS EN POSICIÓN HORIZONTAL



SALDADURAS APLICADAS EN CALDERAS



DEFECTOS EN SOLDADURA



A

B

C

D

E

F

G

A VARIABLES CORRECTAS. **B** AMPERAJE BAJO. **C** AMPERAJE ALTO. **D** ARCO CORTO
E ARCO LARGO. **F** AVANCE LENTO. **G** AVANCE RAPIDO.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

PROBLEMAS QUE PUEDEN PRESENTARSE CON SMAW

| CARACTERÍSTICAS | CAUSAS | SOLUCIÓN |
|---|--|--|
| Arco inestable y que se apaga con frecuencia. Muchas proyecciones | Arco largo | Acortar el arco para conseguir para conseguir el grado de penetración adecuado |
| No se produce penetración y el arco se apaga con frecuencia | Corriente insuficiente | Aumentar la corriente o emplear un electrodo más pequeño. |
| Arco muy ruidoso. El revestimiento se funde muy deprisa, cordón ancho con muchas y grandes proyecciones | Corriente excesiva. También puede ser debido a que el electrodo este húmedo. | Disminuir la corriente. Usar electrodos de mayor diámetro. |
| Soldadura de mal aspecto. | Electrodo inadecuado | Seleccionar otro electrodo |
| Soldadura defectuosa. Difícil encendido | Polaridad equivocada, corriente muy baja. | Cambiar la polaridad o aumentar corriente. |
| Soldadura defectuosa. Difícil encendido. | Piezas sucias | Limpiar piezas de suciedad o escoria |
| Se producen chispas en la masa. | Conexión defectuosa | Corregir conexión |

DEFECTOS EN SOLDADURA

| <i>Defecto</i> | <i>Causas</i> | <i>Soluciones</i> |
|--|--|---|
| Difícil cebado e interrupciones del arco. | Electrodo está húmedo. La tensión en vacío es demasiado baja. El transformado no es el apropiado. Hay caídas de tensión en la línea y variación de la tensión de alimentación. | Secar el electrodo. Variar la tensión primaria y secundaria del transformador de soldadura en vacío y en carga. |
| Calentamiento excesivo. | Intensidad muy elevada. | Reducir la intensidad. |
| Fusión crepitante. Proyecciones anormales. | Humedad en electrodos. La intensidad es demasiado elevada o el arco demasiado largo. | Secar el electrodo. Reducir la intensidad. Reducir la longitud del arco. |

| <i>Defecto</i> | <i>Causas</i> | <i>Soluciones</i> |
|--|--|---|
| Fusión del electrodo en forma de flauta. | Se produce por el soplo magnético. La intensidad demasiado débil. El arco demasiado corto. Humedad o descentrado en el revestimiento del electrodo. | Corregir el soplo magnético, aumentar la intensidad del equipo, alargar el arco, secar el electrodo y utilizar un electrodo con el revestimiento centrado. |
| El revestimiento se hincha. | Se producen por la humedad o por las malas condiciones de conservación del electrodo. | Secar el electrodo a una temperatura de unos 150 °C a 200 °C durante una hora. |
| Soplo magnético. | Empleando corriente continua. | Aislar la pieza de tierra. Colocar el retroceso en la dirección del soplo. Dividir el retroceso en dos o varios puntos. Soldar en la dirección del soplo magnético. |
| Falta de fusión. | Se produce por la intensidad demasiado débil o por el avance demasiado rápido, también por la mala preparación de las piezas a soldar o porque el diámetro del electrodo es demasiado pequeño. | Aumentar la intensidad o hacer una pausa a cada extremo del balanceo o modificar la forma del chaflán evitando los bordes a escuadra o elegir un electrodo de mayor diámetro. |

DEFECTOS EN SOLDADURA

| | | |
|-----------------------|--|--|
| Fisuras. | Electrodo no apropiado para el acero. La intensidad es demasiado débil. Elevada proporción de carbono, silicio y azufre en el metal base. Rigidez demasiado grande en las piezas. Secuencia errónea en la soldadura. Mala preparación de las piezas. Soldadura demasiado débil para las dimensiones de las piezas. | Cambiar el tipo de electrodo. Realizar un precalentamiento para evitar zonas templadas. Disminuir la intensidad. Emplear electrodos de escoria básica. Modificar el orden de ejecución de la soldadura o la forma de ensamblaje. Modificar la preparación de la pieza. Depositar un cordón más grueso. |
| Inclusiones. | Diámetro del electrodo no es apropiado al espesor de la pieza. Electrodo no apropiado al tipo de trabajo. La intensidad es demasiado débil. Mala preparación de la pieza. Limpieza defectuosa de los cordones. | Ensayar con un electrodo de diámetro más delgado o de diferente tipo. Aumentar la intensidad. Modificar la forma del chaflán evitando las escuadras. Limpiar bien la escoria de los cordones interiores con la piqueta y el cepillo. |
| Falta de penetración. | Electrodo es de diámetro demasiado grueso. Intensidad muy débil. Mal método de soldadura. Mala preparación de las piezas. | Elegir un electrodo de diámetro menor. Aumentar la intensidad. Cambiar el método de soldeo. Modificar la preparación de las piezas. |

| Defecto | Causas | Soluciones |
|---|---|--|
| Mal aspecto del cordón, demasiado abombado o ancho o irregular. | La intensidad es demasiado débil o elevada. Balanceo insuficiente. Piezas sobrecalentadas. Mal manejo de la escoria. | Regular la intensidad. Aumentar el balanceo. Dejar enfriar la pieza de cordón a cordón. Corregir el manejo de los electrodos. |
| Mordeduras en los bordes. | Intensidad demasiado elevada. Mala posición del electrodo. Balanceo demasiado rápido. Pieza sobrecalentada. Calidad del metal base. | Disminuir la intensidad. Modificar la inclinación del electrodo. Hacer una pausa en cada extremo del balanceo. Dejar enfriar la pieza de cordón a cordón. Ensayar sobre un metal de calidad diferente. |

DEFECTOS EN SOLDADURA

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| Cordón en forma de cresta. | Mala longitud de largo. Electrodo inapropiado al género de trabajo. Intensidad demasiado elevada. | Corregir la longitud del arco. Cambiar el tipo de electrodo. Regular la intensidad. |
| Penetración demasiado fuerte. | Intensidad demasiado elevada. Pieza sobrecalentada. | Disminuir la intensidad. Dejar enfriar de cordón a cordón. |
| Porosidades. | Mala polaridad al utilizar la corriente continua. Intensidad de corriente mal elegida. Electrodos húmedos. Arco demasiado largo. Composición del metal base (elevada proporción de carbono y azufre). Manejo no adecuado de la escoria. Interrupción incorrecta del arco. | Cambiar la polaridad. Emplear la intensidad apropiada. Secar los electrodos. Acortar el arco. Emplear electrodos de recubrimiento básico. Corregir el manejo de la escoria. Interrupciones correctas. |

NOTA:

Si se quiere obtener un depósito de características óptimas, los electrodos deben mantenerse libres de humedad y no emplearlos si su revestimiento está roto o agrietado. En el caso de que hayan sido expuestos a la humedad deben secarse. Los de bajo hidrógeno deben mantenerse, una vez abierto el paquete, en hornos portátiles al pie de cada soldador.

DEFORMACIONES ORIGINADAS POR CONTRACCIONES

Deformaciones originadas por contracciones

Contracción longitudinal en la soldadura de una pletina

El caso más sencillo de deformación longitudinal lo podemos ver al depositar un cordón de soldadura sobre una pletina de acero de pequeño espesor, estrecha y bien plana. Si apoyamos la pletina sobre la mesa, sin ninguna fijación, se observa que a medida que avanza el cordón de soldadura se va deformando (Fig. 66).

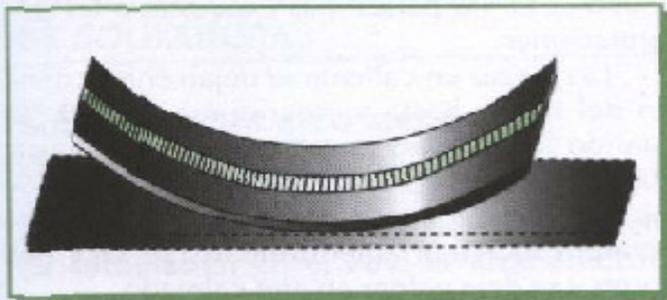


Fig. 66. Deformación ocasionada por la soldadura en una pletina de pequeño espesor.

La deformación de la chapa es consecuencia de la contracción longitudinal que sufre el cordón de soldadura en su enfriamiento, y es un caso típico de dilatación y contracción libre. Si la pletina fuese estrecha y muy delgada, y realizásemos la soldadura con mucha intensidad, el calentamiento sería prácticamente igual por las dos caras y la deformación sería muy pequeña, puesto que las contracciones longitudinales se verificarían por las dos caras a la vez. Si se realiza la soldadura con un electrodo de diámetro muy pequeño en relación con el espesor y anchura de la pletina, la deformación sería muy pequeña.

Para evitar la deformación de la chapa a soldar basta con fijarla a la mesa mediante embreado o puntos de soldadura y, una vez fría, se suelta y quedará perfectamente derecha sin ninguna deformación; pero, en cambio, quedará con tensiones internas.

Contracción longitudinal en soldaduras en ángulo

La contracción longitudinal en soldadura en ángulo crea deformaciones muy importantes que deben tenerse muy en cuenta. Al enfriarse,

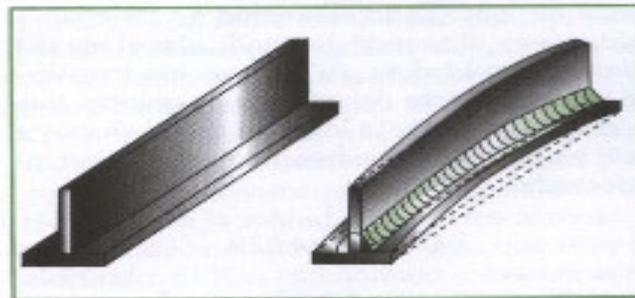


Fig. 67. Contracción longitudinal en soldadura en ángulo el cordón tiende a disminuir de longitud, ejerciendo unos esfuerzos de contracción capaces de originar la deformación de la pieza soldada (Fig. 67).

La deformación o curvatura que adquiere la pieza soldada es tanto mayor cuanto mayor sea la sección del cordón depositado. El enderezado puede hacerse por medios mecánicos o aplicando calor en la parte superior de la chapa perpendicular. Para evitar que la pieza quede deformada, se da una curva igual y de sentido contrario a la deformación y, una vez soldada queda derecha.

Contracción transversal en uniones a tope

La contracción transversal tiene una gran importancia en las uniones a tope. La forma más sencilla de ver la contracción transversal es realizar la unión de dos pletinas cuyos cantos estén separados entre sí unos 3 mm, y punteadas en sus extremos; al depositar el cordón de soldadura observamos que, a medida que vamos avanzando en el depósito del cordón los cantos de las chapas se van juntando hasta pegarse completamente. La disminución de la separación inicial, entre los cantos de las chapas, se debe a la contracción que el metal depositado sufre en su enfriamiento.

En las uniones a tope se disminuye la contracción transversal colocando los bordes juntos, sin dejar separación entre sí. Esto representa un inconveniente cuando se desea obtener una buena penetración del cordón depositado.

Para evitar que los bordes de las chapas lleguen a juntarse por efecto de la contracción transversal en el enfriamiento de los cordones, éstas deben puntearse, depositando varios puntos a lo largo de la unión. La contracción trans-

versal da lugar al acortamiento de las chapas soldadas en el sentido perpendicular al eje del cordón de soldadura. La contracción transversal es dependiente del número de uniones que se realicen y no de la longitud de las chapas a unir, y puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$C = 1,5 + e / 20$$

donde,

C = Contracción.

e = Espesor de la chapa.

Si se unen varias chapas y no se tiene en cuenta la contracción, la medida de la longitud final será más corta de la prevista.

Contracción angular

La deformación angular tiene una gran importancia en las soldaduras a tope y en ángulo. Si se hace una unión en «V» o en ángulo con la pieza libre de movimiento (o sea, sin fijación alguna), se observa que la pieza sufre una *deformación angular debido a la contracción transversal del cordón de soldadura*. Para disminuir la deformación angular debe hacerse el chaflán lo más pequeño posible, utilizar electrodos de grueso diámetro y dar el menor número de pasadas posibles.

Forma de reducir las tensiones internas en la soldadura eléctrica

Si al realizar la soldadura no se ha podido impedir la formación de tensiones internas en las piezas soldadas, éstas pueden ser reducidas o eliminadas por tratamientos térmicos y mecánicos:

1. El procedimiento térmico es el más utilizado y el de mejores resultados. Para eliminar las tensiones internas por tratamiento térmico se precisa de un horno que permita un calentamiento uniforme de la pieza, de forma que las diferencias de temperatura entre los distintos puntos sean mínimas.

Las temperaturas de calentamiento de las piezas de acero deben estar comprendidas entre 600 °C y 650 °C y la duración del calentamiento es dependiente del espesor de las chapas; si los espesores son uniformes, se puede establecer un calentamiento de 30 minutos por cada 10 mm de espesor. En las piezas construidas con chapas de distintos espesores el tiempo de calentamiento se calcula teniendo en cuenta las chapas de mayor espesor.

Calentando la pieza a 650 °C se hace descender el límite de fluencia a un valor muy pequeño, produciendo una deformación plástica del material que permite la reducción o eliminación de las tensiones internas.

Para evitar la deformación, la pieza se debe fijar por medios mecánicos o aplicando refuerzos en las partes más expuestas a las deformaciones.

Las piezas en caliente se dejan enfriar dentro del horno hasta temperaturas de 150 °C cuando la pieza es muy complicada y hasta 300 °C cuando la pieza es sencilla y de espesores iguales. Una vez que la pieza esté a la temperatura indicada anteriormente, se saca del horno y se deja enfriar en aire calmado.

IMPLEMENTOS BÁSICOS DEL SOLDADOR

La pinza y el portaelectrodo

Las terminaciones de los cables del equipo de soldadora llevan unas pinzas entre las que se produce el arco eléctrico para realizar la soldadura; estas pinzas adquieren una forma distinta según sea para sujetar el electrodo (Fig. 41 a), el cual se necesita un mango protector aislante, y la otra, que se usa para cerrar el circuito eléctrico, suele tener la forma de un gato de presión o pinza, como podemos ver en la figura 41 b); esta segunda pinza se sujeta a la mesa de soldar donde se apoyan las piezas a soldar o en una posición que se consiga una buena conducción de la electricidad entre esta pinza y el electrodo; también posee una abrazadera en una de las palancas para sujetar el cable conductor.

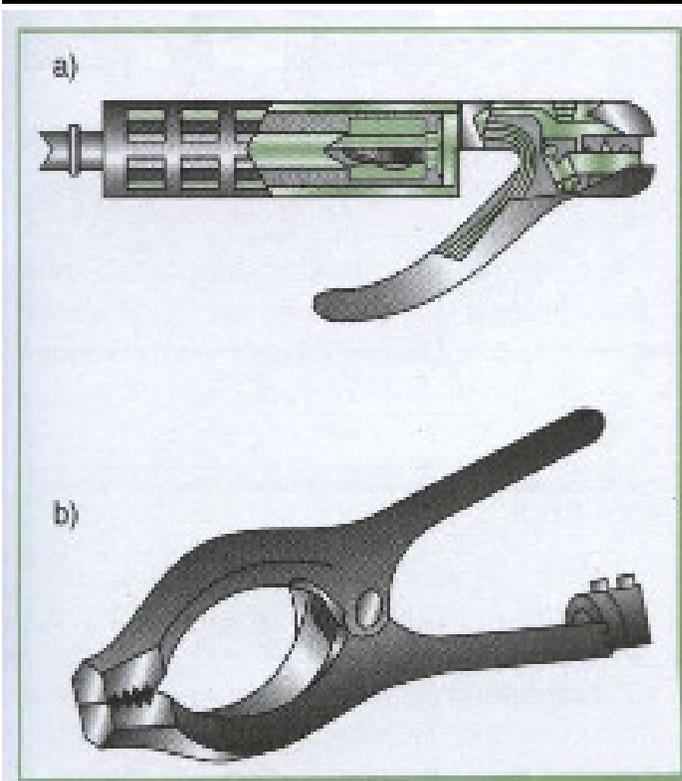


Fig. 41. Tenemos las pinzas de acoplamiento entre el equipo y la mesa de soldar.

Los cables eléctricos

Parten del equipo de soldar y van a la mordaza y a la pinza portaelectrodo; deben estar adaptados para transmitir la corriente de elevada intensidad precisa para la soldadura de arco. Se evita así un excesivo desarrollo de calor. La sección del cable depende de la intensidad de corriente que debe soportar.

Hay que recordar que la resistencia ofrecida por el cable es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección y que el desarrollo de calor de un conductor metálico es proporcional a su sección y que el desarrollo de calor de un conductor metálico es proporcional a la resistencia y al cuadrado de la intensidad de corriente (ley de Joule).

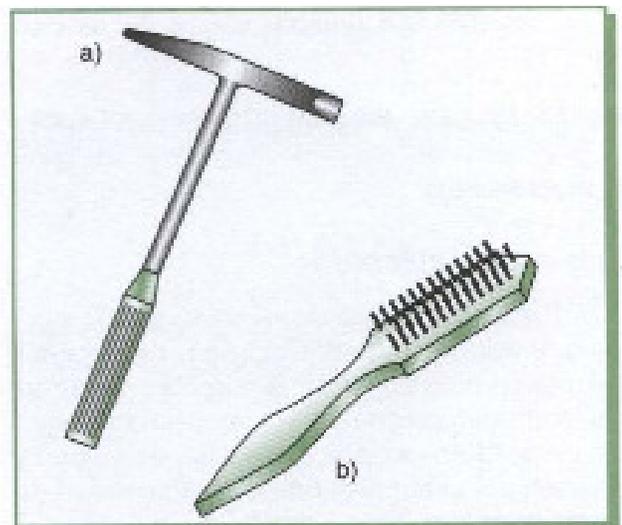


Fig. 42. Piqueta y cepillo para la limpieza de la soldadura eléctrica.

La piqueta y el cepillo

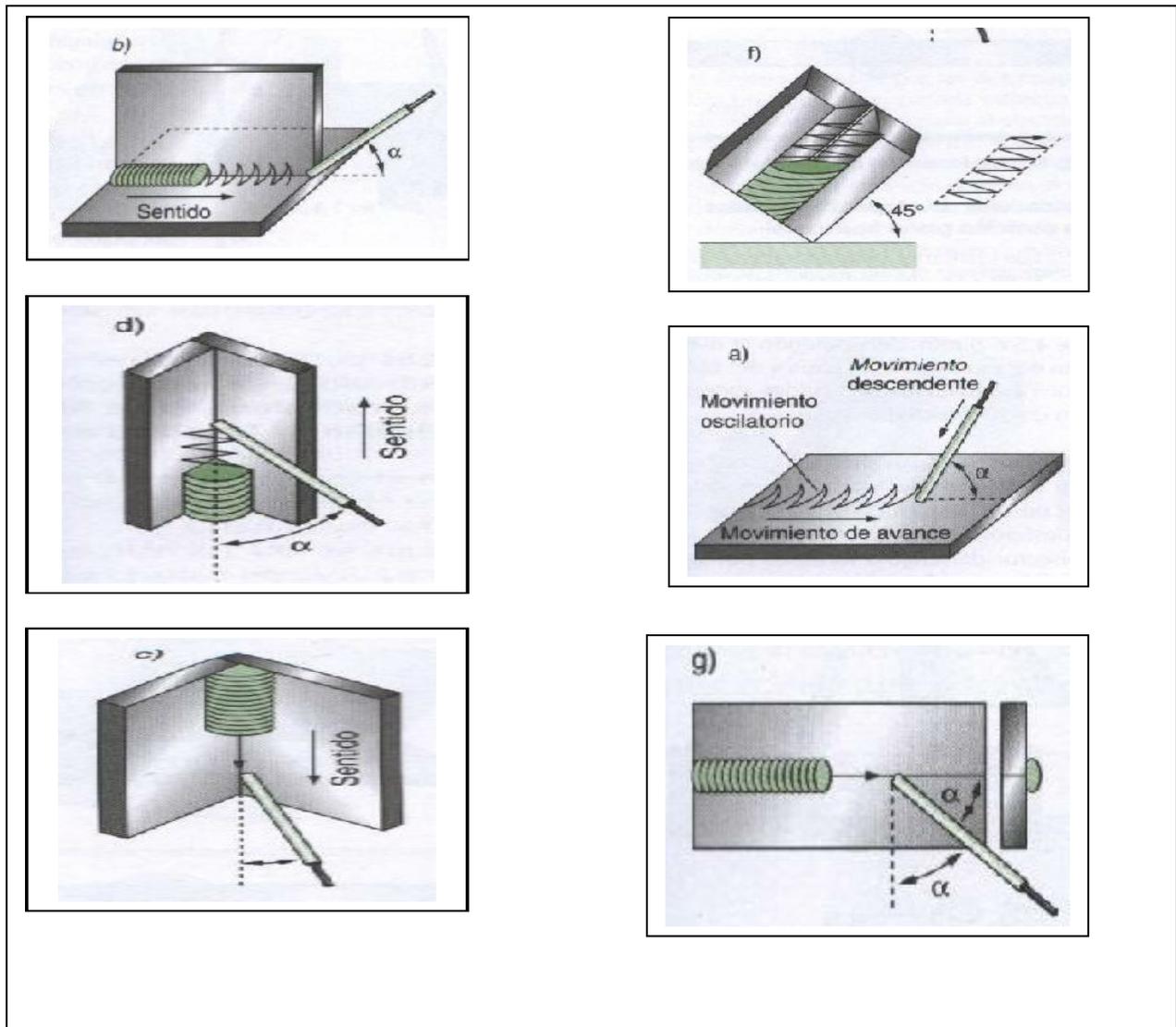
La piqueta es una herramienta que se emplea para arrancar la escoria de la soldadura y comúnmente son metálicas; por una parte están provistas de cincel y, por otra, de punta (una especie de pico). Se utiliza cogiéndola por el mango y golpeándola suavemente sobre la escoria hasta que salta. En la figura 42a) vemos una de estas herramientas. También en esta fi-

MOVIMIENTOS DE OSCILACION DEL ELECTRODO

Existen varios movimientos de avance u oscilación del electrodo y estos dependen del tipo de junta, posición a soldar y tipo de bisel. Los movimientos que más se aplican en las posiciones de soldeo: **1F, 1G, 2F, 2G, 3F, 3G, 4F, y 4G** son a saber:

- ZIG-ZAG RECTO
- ZIG-ZAG CÓNCAVO
- ZIG-ZAG CONVEXO
- EN CIRCULOS
- EN "Z"
- EN TRIANGULO
- DE LATIGAZO

Un Cordón de Soldadura debe ser Suave, Parejo, Ondulado, con un ancho o diámetro equivalente a tres veces el diámetro del electrodo y con pocas salpicaduras. El siguiente ejercicio muestra cómo se realizan cordones de almohadillado.



SOLDABILIDAD

A continuación transcribiremos una parte de lo que se puede entender por soldabilidad de aceros. Como consecuencia de los efectos térmicos a que el acero está siendo sometido en toda clase de permanentes. Estas variaciones pueden estar condicionadas por transformaciones durante el calentamiento o por tensiones térmicas, que originan modificaciones en su forma y dimensión. Si un acero puede soldarse sin que haya que tomarse medidas de precaución y sin que las citadas variaciones sean origen de preocupaciones sobre la estabilidad de la construcción soldada, se designa el acero como bien soldable. El concepto “Acero no soldable” anteriormente empleado con frecuencia, es incorrecto.

Todos los aceros pueden soldarse solo tienen que cumplirse las condiciones metalúrgicas correctas, pero sin embargo, estas condiciones pueden ser tan complicadas que en la práctica no pueden ser ejecutadas. Por otra parte la definición de soldabilidad según la AWS es la siguiente: “Solubilidad es la capacidad de un metal o combinación de metales para ser soldados bajo condiciones de fabricación en un diseño específico y apropiado de una estructura, y para comportarse satisfactoriamente en servicio”.

La capacidad de los metales para dejarse soldar depende de factores como su composición química, tratamientos térmicos que tenga dimensiones y forma. La soldabilidad de el material, también puede requerir que este después de soldado pueda cumplir con requisitos especiales como resistir altas temperaturas, ser resistente al impacto, a las bajas temperaturas etc.

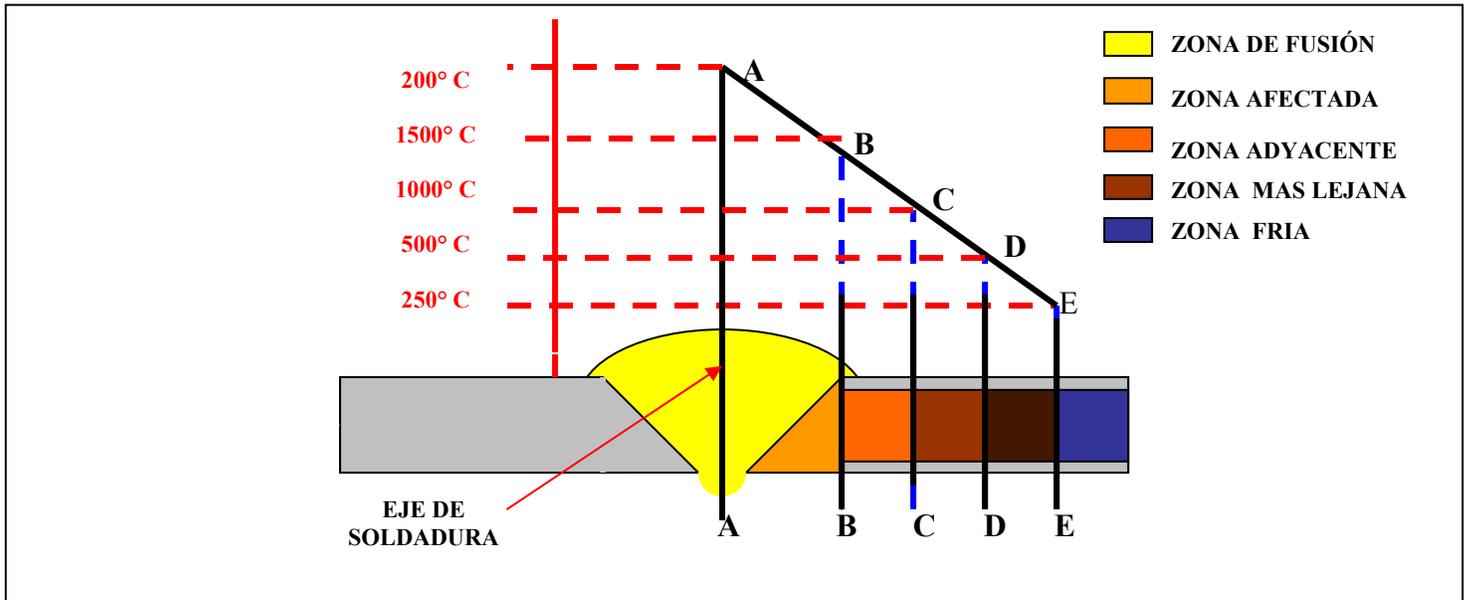
La soldadura por arco eléctrico con electrodos revestidos es un proceso de soldadura por fusión, es decir que aparte del metal que se va a unir va a estar en estado líquido.

Como ustedes saben, el proceso consiste en producir y mantener una chispa o arco eléctrico el cual produce una alta temperatura (5000 o 6000° C) capaz de fundir el acero. El calor y la temperatura generadas por el arco va a fundir tanto el metal base en las proximidades de el arco como el electrodo y su revestimiento, que en estado líquido va a llenar el espacio entre las partes que se requiere soldar.

Generalmente la cantidad de metal fundido y la que recibe el calor producido por el arco son pequeñas en comparación con la cantidad de metal base y por ese motivo ese calor es arrastrado rápidamente por el metal base frío, enfriando rápidamente el cordón. Esos cambios tan rápidos y bruscos en temperatura hacen que la estructura del metal base sufran cambios térmicos, contracciones y dilataciones que pueden afectar seriamente sus propiedades.

Si consideramos una plancha en la que se este aplicando un cordón de soldadura y pudiéramos medir la temperatura en diferentes sitios podríamos ver que en el centro de el cordón la temperatura aumentaría en pocos segundos hasta la temperatura de fusión de el acero. Habrá un punto en el cual, aunque la temperatura aumento rápidamente no alcanzó a fundir y si nos alejamos mas del eje del cordón notaríamos que la temperatura máxima alcanzada es inferior a la anterior, hasta llegar a un sitio en que el metal base no experimento ningún cambio en temperatura.

ZONAS AFECTADAS POR EL CALOR (ZAC)



Como ahora puede apreciarse hay una zona que aunque no se fundió si estuvo expuesta a altas temperaturas. En esta zona el acero pudo llegar a recristalizarse en forma de austenita y puede haber también modificaciones en la estructura del grano.

Esa zona es llamada “zona afectada por el calor”.

La energía térmica aplicada por un electrodo al soldar depende del voltaje, el amperaje y la velocidad de avance del electrodo.

Cuando el voltaje y el amperaje aplicados al electrodo son mayores, es mayor la cantidad de calor aplicada y entre mayor sea la velocidad de avance es menor la cantidad de energía o calor aplicado.

La velocidad de enfriamiento de las zonas que fueron calentadas al soldar, es muy importante pues como ya vimos de esa velocidad depende que se forme la estructura de temple ó martensita ó que ocurra reacción y segregación de los elementos de aleación, como también influye en los esfuerzos, distorsión y tamaño del grano.

Si tomamos dos planchas de acero de las mismas dimensiones a la primera la calentamos con un soplete hasta que esté a 200° C la segunda la dejamos a temperatura ambiente y aplicamos en cada una un cordón de soldadura con la misma energía aplicada ó sea con el mismo voltaje, amperaje y velocidad de avance podemos encontrar que: para la primera plancha, como la temperatura tiene que caer solo hasta 200° C., la velocidad de enfriamiento del cordón y la zona afectada es más lento que para la segunda ó visto en otra forma, el tiempo que necesita la primera plancha para llegar a la temperatura ambiente es mayor que el tiempo requerido que la segunda para llegar a la temperatura ambiente. A esa temperatura aplicada a la primera plancha se le da el nombre de **temperatura de precalentamiento**.

La Temperatura de precalentamiento y la energía aplicada son factores sumamente importantes en Soldadura, pues con ellos se puede lograr un control de las velocidades de enfriamiento y de los fenómenos que ocurren en el acero con los cambios rápidos en temperatura que influyen en el tamaño del cordón y del grano en la zona afectada por el calor.

METALURGIA DE LA SOLDADURA

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL ACERO

El hierro es un material metálico que se conoce en química con el símbolo **Fe**. Este metal es blando, dúctil tiene una resistencia relativamente baja. En sus condiciones de hierro puro, tiene muy pocas aplicaciones y es muy costoso producirlo, pues se encuentra en la naturaleza en forma de óxido de hierro, con una gran cantidad de impurezas que es difícil quitarle totalmente. Además se encontró que dichas impurezas le daban al hierro características diferentes de resistencia, ductilidad, que lo hacían más apto para las diferentes necesidades de la industria.

En general, el hierro puede contener como impurezas después de producirlo, pequeñas cantidades de carbono, manganeso, silicio, fósforo, azufre, cromo níquel etc., y estos materiales aun en pequeñas proporciones pueden producir grandes efectos como es caso con el carbono.

Cuando el hierro se le deja un poco de carbono se le da el nombre de acero.

Para darnos una idea del gran efecto del carbono sobre el hierro bastará con decir que 2 kllgr., de carbono en una tonelada de hierro puede aumentar la resistencia de una varilla de una (1) pulgada de espesor desde 18.000 a 27.000 kgs., (40.000 a 60.000). Psis. Sin embargo la ductilidad disminuye cuando el carbono aumenta.

Por atraparte vale la pena decir que el acero puede cambiar sus características de resistencia si se somete a cambios mas o menos rápidos de temperatura.

Para entender el efecto de la temperatura sobre las propiedades del acero, es necesario comprender que el hierro sólido está formado por cristales semejantes a los de azúcar o arena pero fuertemente unidos entre sí.

A una temperatura de 1530 °C., ó más el hierro se encontrará en estado liquido y si la temperatura es menor a esa, se solidificara en forma de cristales fuertemente unidos entre si.

Esos cristales tienen una forma como se muestran en la figura, hasta que lleguen a una temperatura de 910 °C. El hierro cuando está ordenado en esta forma se le llama hierro gama.

Cuando la temperatura baja de 910 °C., hasta ambiente ó por debajo de la temperatura ambiente, los átomos de hierro se ordenan en otra forma como la que muestra la figura, llamados hierro alfa. El hierro gama tiene mayor volumen que el hierro alfa y puede disolver más cantidad de carbono.

A ese cambio de forma de cristales al variar temperatura se le denominan cambio o formación **alotrópica**.

Por otra parte el hierro puede combinarse con el carbono formando carburo de hierro ó **cementita** que es un cristal sumamente duro y frágil.

Como ya se menciona el hierro gamma puede disolver carbono. Cuando el hierro gamma contiene carbono en solución se le denomina **Austenita**.

El hierro gamma puede disolver hasta 1.700 gramos de carbono por cada 100 kgs.

Por otra parte el hierro alfa también puede disolver carbono pero en menor cantidad, el solo puede disolver 40 gramos en cada 100 kg., de hierro alfa. Cuando el hierro alfa tiene carbono solución se le llama **Ferrita**.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores, y apodemos darnos cuenta lo que pasa con los cambios de temperatura y la velocidad como se efectúen esos cambios.

Si por ejemplo tenemos un acero que contenga 1.000 gramos de carbono en cada 100 kg de hierro, y si el conjunto esta a una temperatura de, por ejemplo 1.200°C., la masa estará en estado sólido en forma de Austenita o sea una solución de hierro gamma y carbono.

Cuando la temperatura disminuye, la Austenita comienza a convertirse en Ferrita que no es capaz de disolver todo este carbono y por lo tanto el exceso de Carbono que se va librando se combina con el hierro formando cementita. De esa forma se va formando una masa que va estar constituida

por capas de ferrita y capas de cementita, a esa mezcla de ferrita y cementita se le denomina **Perlita**.

La Perlita tiene propiedades diferentes a las de la ferrita sola ó a las de la cementita sola.

La velocidad de enfriamiento es muy importante en esa transformación, y si la velocidad es muy lenta, las capas formadas son más anchas y entre más rápida la velocidad de enfriamiento las capas son más finas, y sin cambiar el contenido del carbono entre más finas sean las capas más resistente es el acero. Sin embargo cuando la velocidad de enfriamiento es muy elevada no abra tiempo para que se forme la Perlita y en ese caso se formará un cristal parecido a la ferrita pero con más carbono del que normalmente puede aceptar y con características muy diferentes a las de la Ferrita. A ese cristal se le llama **Martensita**, que es muy duro, tiene alta resistencia pero es sumamente frágil y de muy poca ductilidad.

Como puede verse esta propiedad alotrópica del acero ó sea el poder pasar de una estructura a otra con el cambio de temperatura es muy importante y es aprovechada industrialmente para obtener aceros con diferentes propiedades de resistencia y ductilidad. Esto se logra obligando al acero a hacer el enfriamiento más o menos rápido. Estos cambios de temperatura a los que se somete el

acero para variar sus propiedades se denominan **Tratamientos Térmicos**. Entre mayor sea el contenido de carbono mayor será el efecto obtenido con el tratamiento térmico.

A manera de ejemplo algunos de los tratamientos térmicos más usados son los siguientes:

- 1) **TEMPLE**
- 2) **NORMALIZADO**
- 3) **RECOCIDO**
- 4) **CRISTALIZACION**

TEMPLE

Con este tratamiento se aumenta la dureza y resistencia del acero. En términos generales se calienta el acero un poco por arriba de la temperatura en que se comienza a formar la Austenita y se enfría más o menos rápido (en agua o aceite).

NORMALIZADO

Para “borrar” tratamientos térmicos defectuosos y otros. En este tratamiento se calienta el acero también un poco por arriba de la temperatura en que se forma la Austenita y se enfrían en aire tranquilo.

RECOCIDO

Sirve para ablandar el acero. Hay diferentes clases de recocido y en general consisten calentar el acero a temperaturas cercanas en que se forma la Austenita seguida por un enfriamiento lento.

CRISTALIZACIÓN

Cuando el acero está en estado líquido los átomos de hierro no tienen ningún orden y se están moviendo continuamente de un lado a otro. Cuando la temperatura baja la temperatura de solidificación es difícil que se formen los primeros cristales sólidos, pero si el metal líquido está en contacto con acero sólido los átomos comienzan a ordenarse en cristales sobre los cristales del metal sólido por ese motivo se llama Núcleo, a medida de que se van apilando los cristales sobre el núcleo este va creciendo y este se va formando, siguiendo siempre la misma dirección en que estaba orientado el núcleo o semilla. A cada conjunto de cristales que se ordenan en cada dirección se especifica el llamado **Grano**.

Como en el proceso de solidificación hay muchos núcleos al tiempo, los granos van creciendo uno al lado del otro hasta que se encuentran en contacto. La región límite entre un grano y otro se llama **Límite de grano**.

Cuando se permite mucho tiempo el acero en temperatura de cristalización, los granos crecen y se dice que el acero es de grano grueso. Si no se permite al acero permanecer mucho tiempo el tamaño del grano es fino.

Por medio de tratamientos térmicos o agrandando ciertos elementos de aleación, es posible lograr **Aceros de grano fino.**

Los aceros de grano fino tienen en general mejores propiedades que los de grano basto.

Cuando el acero es calentado a temperatura de forja (1.100°C.) y entonces trabajado (laminado) mientras se enfría la Austenita comienza a transformarse, el grano afina y el proceso se llama **Trabajo en caliente.**

Cuando el acero se trabaja (laminado, trefilado ó martillado) en frío se dice que es un acero trabajado enfrió. Los granos son más finos, sin embargo el acero tiende en ser más duro y más frágil.

El acero trabajado en esta forma se llama **Acero trabajado en frío.**

Aunque el carbón es uno de los principales elementos que se encuentran en los aceros, los aceros comunes tienen además el carbono, pequeñas cantidades de manganeso, silicio, y como impurezas, ó sea substancias indeseables pero que o se pueden quitar, fósforo y azufre.

CLASIFICACION DE LOS ACEROS AL CARBON

La industria y la sociedad de Normas Técnicas han clasificado los aceros comunes, basados principalmente en el contenido de carbono. Otros lo hacen teniendo en cuenta la resistencia, la forma en que son suministrados, el tratamiento térmico que tengan, el sistema con el cual fueron producidos, etc.

Uno de los sistemas más comunes de clasificación es al de la **SAE** (Society of Automotive Engineers), y en general la **AISI** (American Iron and Steel Institute) usa la misma designación que consiste en **cuatro dígitos.**

Para los aceros al carbono la designación siempre empieza por **10XX**. **Los dos últimos dígitos** indican el **contenido de carbono** en porcentaje en centésimas, o sea si el acero es un **SAE 1010** quiere decir que es un acero al carbono con **0.10% de carbono**. Si es un **SAE 1040**, indica que es un acero al carbono con **0.40%** de carbono.

Todos los aceros contienen menos de 1% de manganeso, 0.035% de silicio, 0.04% de fósforo y 0.05 de azufre.

Otra clasificación muy empleada en nuestro medio es la usada por la **ASTM** (**American Society for Testing and Materials**) y la **ASME** (**American Society of Mechanical Engineers**) que usan la misma designación numérica.

La **ASTM** usa en su clasificación de metales ferrosos una **A-XX** seguida de dos números. El primero se refiere a las características del metal y el segundo a las dos últimas cifras del año en que se revisó la norma.

Ejemplo:

El ASTM A – 7 – 61

Es un acero estructural para usar en puentes, edificios y la última revisión de la norma se hizo en 1.961.

El ASTM A -285 – 64

Es una plancha de acero calidad para calderas, de acero al carbono con resistencias a la tracción baja e intermedia. Última revisión de la norma en 1.964.

EL ASTM A – 515 – 64

Es plancha de carbono de resistencia intermedia para calderas y otros recipientes de presión y para usar a temperaturas medias y bajas.

La ASME usa las letras SA seguidas por la misma numeración de la ASTM.

Ejemplos:

El acero ASME SA – 238 – 58. Corresponde a una plancha de acero calidad estructural para resistencias intermedia y baja. Las especificaciones establecidas por estas sociedades comprenden una serie de propiedades y ensayos que debe cumplir el material suministrado.

Cada clase de material debe ajustarse a las propiedades y ensayos exigidos por la especificación, la cual ha sido elaborada de acuerdo al servicio que el acero va a prestar en la industria. Los aspectos principales que cubre la especificación son los siguientes:

ALCANCE:

En esta parte describen la forma, dimensiones, propiedades y aplicaciones generales que cubre la norma.

PROCESO:

Aquí especifica el proceso ó los procesos por medio de los cuales se puede fabricar el acero.

COMPOSICIÓN QUÍMICA:

Bajo este título especifica los límites y rangos de composición, dentro de los cuales debe estar el material.

PROPIEDADES FÍSICAS:

Establece normas para hacer ensayos de resistencia, los requisitos que deben cumplir y el número de ensayos que debe hacer.

VARIACIONES PERMISIBLES:

Establecer las tolerancias en dimensiones y peso dentro de los cuales debe estar el material.

TRATAMIENTO TÉRMICO:

Cuando es necesario establece que clase de tratamientos térmicos debe tener el material.

IDENTIFICACIÓN:

Establece también la clase y forma de identificación del material, para garantizar su uso apropiado. En resumen podemos decir, que haya gran número de composiciones propiedades diferentes de los aceros al carbono y que varias bases lo hemos dicho aquí, el carbono es el material que más afecta las propiedades del acero. Teniendo en cuenta esa propiedad del carbono, se ha hecho una clasificación sencilla del acero como sigue:

- 1) **Aceros de baja aleación de carbono:** Los que contiene hasta 0.15% de carbono.
- 2) **Aceros dulces:** Los que contiene entre 0.15 y 0.29 de carbono
- 3) **Aceros de medio contenido da carbono:** Los que tiene entre 0.30 y 0.59% de carbono.
- 4) **Aceros de alto contenido de carbono:** Los que tienen ente 0.60 y 1.70 de carbono.
- 5) **Cuando el contenido de carbono en el hierro pasa de 1.7%.** Se dice que es un hierro de fundición.

ACEROS DE BAJA ALEACIÓN

Una relación es el producto de una propiedad de o mezcla de dos ó más metales. Las propiedades para producir una relación se mezclan los metales en estado líquido o fundido y luego el conjunto se deja solidificar.

También aquí podemos decir que una apequeña cantidad de elementos de aleación puede causar grandes transformaciones en las propiedades del acero. Las propiedades, elementos o materiales de aleación que se usan en la industria del acero son:

Manganeso (Mn), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Molibdeno (Mb), Vanadio (V) y silicio (Si).

Cualquiera de los anteriores elementos de aleación puede producir características especiales en el acero, usándolos en cantidades de hasta el 5 ó 6%, así como también se pueden usar en el mismo acero de dos ó tres de ellos al mismo tiempo.

Las propiedades motivos por los cuales se usan elementos de aleación en los aceros son los siguientes:

1. En los aceros al carbono la ductilidad del acero disminuye propiedades cuando aumenta el contenido de carbono.
2. Los tratamientos térmicos son más efectivos en los aceros aleados que en los aceros al carbono.
Los tratamientos térmicos en los aceros al carbono son óptimos sólo en espesores pequeños.
3. Las propiedades físicas de los aceros al carbono se disminuyen marcadamente con el aumento en temperatura.
Los aceros al carbono son muy susceptibles al ataque químico del medio ambiente Especialmente a temperaturas elevadas.

FUNCION DE LOS ELEMENTOS DE ALEACION

MANGANESO

El manganeso se encuentra en todas las clases de acero. Cuando está en cantidades pequeñas hasta de 0.1%, se considera que no actúa como aleante. La función general del manganeso es combinarse con el azufre que es perjudicial y evitar el agrietamiento. En cantidades más altas aumenta la tenacidad, que es la resistencia del material a dejarse fracturar y además aumenta la habilidad del acero para endurecerse.

NÍQUEL

Aumenta la resistencia del acero al choque ó se le hace tenaz a bajas temperaturas. Por lo general en los aceros al carbono, la resistencia al choque disminuye. El níquel aumenta la resistencia del acero pero en menor proporción que el manganeso.

CROMO:

El cromo como elemento de aleación en el acero no tiene defectos muy benéficos en la resistencia al impacto o choque a bajas temperaturas. Tiende a ser frágil. Produce endurecimiento en el acero y tiende a aumentar su resistencia. Una de las principales funciones del cromo es aumentar la resistencia a la oxidación, a la corrosión y también aumenta la resistencia del acero para que trabaje a temperaturas elevadas.

MOLIBDENO:

Aumenta la dureza del acero, aumenta la resistencia a la corrosión disminuye la fragilidad del acero especialmente cuando también lleva como elemento aleante el cromo.

VANADIO:

En muy pequeñas proporciones aumenta fuertemente la resistencia. Se usa para refinar el acero, aumenta la habilidad del acero para ser endurecido.

SILICIO:

Cuando el acero está en estado líquido durante una producción tiene gran cantidad de óxido de hierro, con el objeto de desoxidarlo se le agrega silicio el cual se combina más fácilmente con el oxígeno dejando al hierro libre de óxido. En proporciones relativamente altas mejora la resistencia a la oxidación, aumenta la resistencia y la capacidad para endurecer el acero.

Los aceros que llevan elementos de aleación son más utilizados porque al ser más resistentes se requiere menor volumen de material y por lo tanto la estructura es más liviana. Pueden ser usados en aplicaciones en que los aceros al carbono no ofrecen buena seguridad y son más durables en situaciones específicas.

Aunque estos aceros aleados son más costosos en muchos casos resultarán más económicos que los aceros al carbono.

CLASIFICACION DE LOS ACEROS DE BAJA ALEACION

La American Welding Society (AWS) hace una calificación general según su uso en la siguiente forma:

1. ACEROS DE CONSTRUCCIÓN:

En este grupo están comprendidos los aceros bajamente aleados comúnmente usados para construir tanques de almacenamiento, carros de ferrocarril, embarcaciones, estructuras de volquetas, brazos o partes de las guías etc.

2. ACEROS PARA MÁQUINAS Y AUTOMÓVILES:

3. ACEROS PARA TRABAJOS A BAJAS TEMPERATURAS:

Usados en la industria aeronáutica y en equipos para mantener gases licuados a muy baja temperatura.

4. ACEROS PARA TRABAJOS A ELEVADAS TEMPERATURAS:

Usados en recalentadores de vapor, equipos para procesos químicos, calderas, torres de refinamiento de petróleo, etc

La sociedad americana de ingenieros SAE y la AISI usan la misma designación de cuatro dígitos. Los dos primeros indican el contenido de elementos aleantes y las dos ó tres últimas el contenido de carbono en centésimas del 1.0% así por ejemplo un SAE 3120 identifica a un acero con níquel y cromo como elementos de aleación en una proporción aproximadamente 1.25% de níquel y 0.60% de cromo y un contenido de carbono de 0.20%.

A continuación se da una tabla en la que se indican según los dos primeros dígitos, la clase y contenido de aleación según la clasificación **SAE ó AISI:**

| | |
|------------------|--|
| 1XXX | Aceros al carbono. |
| 13XX | Aceros al manganeso. |
| 2XXX | Aceros a níquel. |
| 23XX | Aceros con 3.5% de níquel |
| 25XX | Aceros con 5.00% de níquel |
| 3XXX | Aceros con cromo y níquel |
| 31XX | Aceros con 1.25 de níquel y 0.60% de cromo |
| 32XX | Aceros con 1.75% de níquel y 1.00% de cromo |
| 33XX | Aceros con 3.50% de níquel y 1.5% de cromo |
| 34XX | Aceros con 3.00% de níquel y 0.80% de cromo |
| 40XX | Aceros con 0.25% de molibdeno |
| 41XX | Aceros con 0.9% de cromo y 0.29% de molibdeno |
| 43XX | Aceros con 0.8% de cromo y 1.8% de níquel y 0.5% de molibdeno |
| 46XX-48XX | Aceros con níquel y molibdeno |
| 50XX | Aceros con cromo |
| 51XX | Aceros con 0.9% de cromo |
| 52XX | Aceros con mediano contenido de cromo |

AWS – Fourth Edition – Welding Handbook

| | |
|-------------|--|
| 6XXX | Aceros con cromo y vanadio. |
| 61XX | Aceros con 0.9% de cromo y 0.15% de vanadio |
| 7XXX | Aceros de tungsteno |
| 9XXX | Aceros con silicio y manganeso |

Para la mayoría de los aceros en la tabla también se identifica que:

El manganeso debe estar entre 0.75 y 1.0%

El silicio debe estar entre 0.20 y 0.35%

El fósforo puede ser como máx. 0.040%

El azufre puede ser como máx. 0.040%

LA ASTM Y LA ASME usan el mismo sistema que para los aceros al carbono es así:

El ASTM – A 202 se refiere a los aceros aleados con cromo – manganeso y silicio de planchas de aceros usados en calderas y otros recipientes de presión. La siguiente composición de los aceros fabricados bajo esta especificación debe ser la siguiente.

| | |
|------------------|-----------------------|
| Carbono | 0.17% máximo. |
| Manganeso | 1.05 a 1.40% |
| Silicio | 0.60 a 0.90%. |
| Cromo | 0.35 a 0.60% |
| Fósforo | 0.035% máximo. |
| azufre | 0.04% máximo. |

ACEROS DE ALTA ALEACIÓN

Los elementos de aleación tienen la propiedad de disminuir ó aumentar la temperatura a la que se forma la Austenita.

Elementos tales como el **manganeso, níquel y silicio** agregados al acero, hacen que la temperatura a la que se forma la Austenita sea menor, ó sea que en un lugar de formarse a **900°C.**, lo hace a **500°C** ó menos temperatura dependiendo de la cantidad y la clase de aleante, así por ejemplo, si se agrega Níquel al acero, en un 7 ú 8% se puede lograr que los cristales de austenita

permanezcan estables y no se transformen en ferrita ó perlita a la temperatura ambiente ni aún a temperaturas por debajo de la ambiente.

A los aceros que tienen la propiedad de permanecer con su estructura cristalina Austenítica a la temperatura ambiente se les denomina **Aceros Austeníticos** .

También hay elementos de aleación que aumentan la temperatura a la que se forma la austenita, es decir que se calientan de 950° C a 1000° C y los cristales de ferrita permanecen sin transformarse en austenita. El Cromo, Molibdeno, Vanadio y Titanio pertenecen a este grupo.

El más importante de estos elementos es el Cromo.

Los aceros en que los cristales de ferrita permanecen sin transformarse hasta la temperatura de fusión son denominados **Aceros Ferríticos**. NOTA: en este grupo de aceros altamente aleados encontramos los aceros resistentes a la Oxidación, al calor y a la corrosión.

El Cromo es el principal elemento de aleación en el acero ya que le da las características de inoxidable, capaz de resistir la corrosión y la oxidación.

El cromo tiene alta afinidad por el oxígeno a la temperatura ambiente formando una película impermeable e invisible de óxido sobre la superficie del metal que lo protege del ataque corrosivo.

Si a estos aceros al cromo se les agrega Níquel, se pueden producir aceros inoxidables Austeníticos a todas las temperaturas. **NOTA: el Níquel es fuerte formador de austenita dándole al acero resistencia a las altas temperaturas y a la corrosión.**

El Carbono se mantiene en proporciones muy bajas en los aceros aleados al Cromo Níquel, mientras que el Molibdeno se añade para mejorar la resistencia al ataque químico de agentes ácidos y aumentar la resistencia a las altas temperaturas.

Los Aceros Austeníticos no son Magnéticos, son resistentes y dúctiles a temperaturas muy bajas, como también a temperaturas elevadas.

| ACEROS AL CARBONO | ACEROS DE BAJA ALEACION | ACEROS DE ALTA ALEACION |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| BAJO CARBONO | CON CROMO | FERRITICOS |
| ACEROS DULCES | CON NIQUEL | AUSTENITICOS |
| MEDIO CARBONO | CON MANGANESO | MARTENSÍTICOS |
| ALTO CARBONO | CON MOLIBDENO | |
| | CON CROMO – NÍQUEL | |
| | CROMO-MOLIBDENO | |
| | CROMO-NIQUEL-MOLIBDE | |
| | NIQUEL – MOLIBDENO | |

SOLDADURA DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Los aceros inoxidables que contienen níquel son indispensables en la construcción de equipos para la industria de procesos. Estos aceros se usan en lugar de los aceros convencionales por sus excelentes propiedades tales como: resistencia a la corrosión, dureza a baja temperatura y buenas propiedades a alta temperatura.

Los aceros inoxidables son una excelente elección para la construcción de equipos para la industria química, láctea, alimenticia, biotecnológica y para usos arquitectónicos y relacionados.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS

Las propiedades físicas de los aceros al carbono y los inoxidables austeníticos son bastante diferentes, y esto requiere una revisión de los procesos de soldadura.

En las Propiedades Físicas, se incluyen el punto de fusión, expansión térmica, conductividad térmica, y otros que no cambian significativamente con el tratamiento térmico o mecánico.

El punto de fusión de los grados austeníticos es menor, así que se requiere menos calor para lograr la fusión. Su resistencia eléctrica es mayor que la de los aceros comunes, así que se requiere menos corriente eléctrica para la soldadura. Estos aceros inoxidables tienen un coeficiente de conductividad térmica menor, lo cual causa que el calor se concentre en una zona pequeña adyacente a la soldadura.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS

Los aceros inoxidables austeníticos también tienen coeficientes de expansión térmica aproximadamente 50% más grandes que los aceros al carbono, lo cual requiere más atención en el control de la distorsión y deformación.

FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE LAS SOLDADURAS EN ACERO INOXIDABLE

Antes de discutir las pautas para la soldadura, es útil describir los tipos de soldaduras y las superficies de acero inoxidable que darán el mejor resultado en ambientes corrosivos. Estos son factores que pueden controlar los soldadores, y no la elección del material, la cual se hace generalmente por el usuario final o por el Ingeniero en Materiales. La fabricación de equipos resistentes a la corrosión debiera ser un esfuerzo conjunto de la selección de la aleación correcta y entonces emplear las prácticas correctas de fabricación y soldadura. Ambos elementos son esenciales.

PENETRACIÓN COMPLETA DE LAS SOLDADURAS

Es bien sabido que para lograr una óptima resistencia, las soldaduras a tope deben penetrar completamente. En servicio corrosivo, cualquier rendija resultante de la falta de penetración es un sitio potencial para el desarrollo de la corrosión por rendijas. Un ejemplo típico de una rendija indeseable es una fusión incompleta en la pasada de raíz en la soldadura en un caño.

En algunos ambientes, la corrosión tiene lugar en la rendija, la cual, a su vez, puede dar lugar a una falla en la junta soldada.

SELLAR LAS RENDIJAS EN LAS SOLDADURAS

Las rendijas entre dos superficies de acero inoxidable tales como en los soportes para bandejas en un tanque, también favorece la corrosión por rendijas. Evitar tales rendijas es una responsabilidad del Ingeniero de Diseño. Sin embargo, es útil que aquellos que están haciendo el equipo lo ayuden a eliminar las rendijas siempre que sea posible.

CONTAMINACIÓN POR HIERRO

Cuando un equipo nuevo de acero inoxidable desarrolla puntos de herrumbre, casi siempre es el resultado de la contaminación por partículas de hierro. En algunos ambientes, si el hierro no se elimina, puede tener lugar un severo ataque en forma de corrosión por picado.

En atmósferas no tan exigentes, las partículas de hierro pueden actuar como un contaminante, afectando la pureza del producto, o presentar una apariencia superficial desagradable a la vista. **El hierro libre resulta a menudo incluido en la superficie del acero inoxidable durante las operaciones de formado o soldado. Algunas reglas a seguir para evitar la inclusión de partículas de hierro son:**

- No permitir el contacto de las superficies de acero inoxidable con elementos de hierro o acero. El contacto podría provenir de herramientas de izado, mesas de acero o rack de almacenamiento, por citar algunas.

- No usar herramientas, tales como discos abrasivos que hayan sido previamente usados con hierro o acero ordinarios, ya que podrían tener hierro incrustado

- Usar sólo cepillos de acero inoxidable que nunca hayan sido usado con hierro o acero al carbono. Nunca usar cepillos de alambre de acero al carbono.

- No dejar las planchas u hojas de acero inoxidable en el piso, expuestas al tráfico. Se deben guardar en posición vertical.

- Si es posible, realizar las operaciones de fabricación de los equipos de acero inoxidable en un lugar alejado de donde se realicen operaciones con hierro o acero al carbono, para evitar contaminaciones con partículas de hierro provenientes de amoladoras, herramientas de corte o arenadoras.

Evitar óxidos superficiales de la soldadura

Para una mejor resistencia a la corrosión, las superficies de acero inoxidable deben estar libres de óxidos superficiales. Los óxidos pueden estar en la forma de tinte de calor, en el otro lado de la chapa, como resultante de la soldadura, o tinte de calor en la soldadura, o en la zona afectada por el calor (ZAC). Los óxidos también se pueden desarrollar en el lado interno de las cañerías soldadas con una purga inadecuada del gas inerte.

Los óxidos pueden variar desde un color pajizo, pasando por el púrpura, hasta negro. Cuanto más coloreado es el óxido, más grueso es, y más fácilmente desarrollará la corrosión por picado, causando un serio ataque al metal subyacente. Se debe entender que los óxidos son peligrosos en ambientes corrosivos. Normalmente, los óxidos no necesitan ser eliminados cuando el acero inoxidable operará a alta temperatura, donde los óxidos se formarían nuevamente. El tinte de calor a menudo conduce a la corrosión, una vez expuesto el acero inoxidable a la atmósfera u otro ambiente levemente corrosivo.

Cuando después de haber tomado todas las precauciones normales, todavía hay óxidos superficiales, deben ser eliminados mediante decapado ácido, blastinado o algunos de los otros métodos en la Limpieza de Post-fabricación.

OTROS DEFECTOS RELACIONADOS CON LA SOLDADURA

Se listan tres defectos relacionados con la soldadura, y el procedimiento para su eliminación:

- Las marcas de encendido del arco dañan la capa protectora del acero inoxidable y crean imperfecciones similares a rendijas. Los puntos de parada de la soldadura pueden crear defectos similares a pinchazos de alfiler en el metal soldado. Ambas imperfecciones se deben eliminar mediante un ligero pulido con abrasivos de grano fino.

- Las salpicaduras de soldadura crean pequeñas marcas donde el metal fundido toca la superficie y se adhiere. La capa protectora de óxido del acero inoxidable es penetrada y se crean pequeñas rendijas donde esta capa es más débil. Las salpicaduras de soldadura se pueden eliminar fácilmente aplicando una pasta a ambos lados de la soldadura, que previene la salpicadura. Esta pasta, junto con las salpicaduras, se lavan en el proceso posterior de limpieza.

■ La escoria de algunas soldaduras practicadas con electrodos revestidos es difícil de eliminar completamente. Pequeñas partículas de escoria resisten la limpieza y permanecen particularmente donde hay pequeñas hendiduras u otras irregularidades. Estas partículas crean rendijas, y deben ser eliminadas mediante cepillado, un ligero pulido o blastinado con materiales libres de hierro.

Métodos de corte de Acero Inoxidable

| Método | Espesor | Comentario |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| Guillotina | Láminas, cintas, placas finas | Preparar el borde expuesto al ambiente para eliminar rendijas |
| Corte por sierra y abrasivo | Amplio rango de espesores | Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes la soldadura o tratamiento térmico |
| Maquinado | Amplio rango de formas | Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes de la soldadura o tratamiento térmico |

CALIFICACIÓN PARA SOLDADURA

| Número P Metal de Base | |
|-------------------------------|--|
| 8 | Aceros inoxidable austeníticos en la Tabla VI, desde el tipo 304 hasta el 347 y la aleación 254 SMO, más las fundiciones similares a la CF de la Tabla VII |
| 10H | Aceros inoxidable dúplex, incluidas las aleaciones 255 y 2205, y las fundiciones CD 4Mcu |
| 45 | Aleaciones 904L y 20Cb-3 y aleaciones de molibdeno al 6% de la Tabla VI, excepto la aleación 254 SMO |

QUE ES ABRASIÓN

Es el desgaste producido por el rozamiento de un cuerpo (relativamente blando) sobre una superficie. Como ejemplo podemos mencionar el rozamiento de la tierra sobre la cuchilla de un arado.

QUE ES EROSION

Es el desgaste producido por el choque de partículas relativamente pequeñas que viajan en un fluido sobre una superficie. Ejemplo;
El desgaste producido sobre las hélices o paletas de una turbina por la arena que lleva el agua.

FRICCIÓN METAL-METAL

Aquí nos referimos al desgaste producido por el rozamiento de un metal al deslizarse sobre otro metal.

RESISTENCIA AL IMPACTO

Es la resistencia de un cuerpo para soportar el choque de otro. Ejemplo: el impacto que soporta un martillo al choque contra otro metal.

QUE ES CORROSIÓN

Es el desgaste causado por agentes químicos que son capaces de disolver un material. Ejemplo: la acción de un ácido sobre el hierro.

LAS FUNDICIONES

El término fundición de hierro es un nombre genérico que se refiere a una familia de materiales que difieren ampliamente en sus propiedades. Las fundiciones son aleaciones de hierro de hierro, carbono y silicio que contienen también manganeso, fósforo, azufre, etc., su contenido en carbono es de 1.7% a 4.5%, puede estar disuelto en la austenita ó en forma libre. (Grafito)

CLASES DE FUNDICIONES

La fundición de hierro es la forma más simple del producto obtenido a partir del arrabio; las Fundiciones Coladas son hierros de segunda (Acero) que los Ingenieros emplean como material de construcción.

El Término hierro Colado, es generalmente un sinónimo de hierro gris suave. Esto es un error sabiendo que hay un rango muy extenso a partir de la fundición gris suave a los hierros colados Nodulares, cada uno con diferentes propiedades y características cuyas variadas aplicaciones lo hacen un material común, asociado con otro más costoso.

Las diferentes fundiciones de hierro se dividen en los siguientes grupos:

- FUNDICIÓN DE HIERRO GRIS
- FUNDICIÓN DE HIERRO BLANCO
- FUNDICIÓN DE HIERRO MALEABLE O DUCTIL
- FUNDICIÓN DE HIERRO NODULAR O ESFEROIDAL
- FUNDICIÓN DE HIERRO AUSTENITICO

FUNDICIÓN DE HIERRO GRIS:

En esta clase de hierro, el Carbono se presenta como carbono libre en forma de grafito, y la fractura debe ser de color oscuro. Como es de suponerse es un metal suave y de fácil maquinado

La fundición gris tiene una alta resistencia a la corrosión y puede alcanzar una resistencia a la tensión de 9 a 26 Tn /pul. Cuadrada, y su esfuerzo a la compresión es aprox. Cuatro veces mayor. Esto significa que es material dúctil. Posee buenas cualidades de resistencia a la abrasión y el desgaste, gracias a la presencia del grafito libre, como tan bien buena conductividad térmica.

USOS DE LA FUNDICIÓN GRIS

La fundición gris es usada en ingeniería para diversos procesos tales como partes de Maquinas – Herramientas, cigueñales automotrices, Platos de presión de embragues, Tambores de frenos, Monoblocks y componentes Eléctricos.

FUNDICIÓN BLANCA

Esta forma de Hierro Colado tiene bajo contenido de Silicio y Carbono combinado y es producida en el proceso normal de enfriamiento. Por lo cual este es un material de alta dureza y quebradizo, mostrando una fractura blanca.

Normalmente la fundición blanca no es maquinable excepto por esmerilado. La Fundición Blanca se usa para casos especiales donde la resistencia a la fricción es esencial, por ejemplo, trabajos de rolado de metales, partes de trapiches, equipos de limpieza por impacto, plantas de ladrillo y de cemento.

FUNDICIÓN DE HIERRO MALEABLE

El grupo de las fundiciones maleables se caracteriza por tener buena resistencia a los esfuerzos por tensión, resistencia al impacto y ductilidad.

Hay dos distintos procesos para producir la fundición maleable a partir de la fundición blanca (que usualmente contiene menos del **1 % de silicio**) . estos métodos se diferencian por el color de la fractura y son llamados:

- **PROCESO DE CORAZON BLANCO**
- Y
- **PROCESO DE CORAZON NEGRO**

EL PROCESO DE CORAZÓN BLANCO es el más conveniente para secciones delgadas y el hierro utilizado para este proceso contiene generalmente:

- **3.3% DE CARBONO**
- **0.6% DE SILICIO**
- **0.5% DE MANGANESO**
- **0.25% DE ASUFRE**
- **0.1% DE FÓSFORO**

Las Fundiciones de corazón blanco son usadas en todas las ramas de la industria, por ejemplo como conexiones de gas, aire, agua y vapor, tubería para accesorios eléctricos, motocicletas, partes de maquinaria agrícola, industria textil, transportadores de cadena, etc.

Los dos grados de fundición en el proceso de corazón blanco, han sido clasificados por la norma: B.S. 309 DE 1958.

EL PROCESO DE CORAZON NEGRO:

En este proceso la fundición de hierro blanco es tratada sin ser descarburizada previamente.

Un hierro adecuado contiene:

- **2.2 % DE CARBONO**
- **0.8% DE SILICIO**
- **0.4% DE MANGANESO**
- **0.8% DE ASUFRE**
- **0.1% DE FÓSFORO**

Este es un material blando, dúctil y de fácil maquinado. Su ductilidad se aproxima a la fundición de acero. Existe otro grupo de fundiciones y son a saber:

- FUNDICIÓN DE HIERRO MALEABLE PERLITICO
- FUNDICIÓN DE HIERRO NODULAR
- FUNDICIONES ALEADAS AL Cr, Ni, Mn, Cu, V.
- FUNDICIÓN DE HIERRO FORJADO
- FUNDICIÓN DE ACERO
- FUNDICIÓN SEMI-ACERO O HIERRO CONCHA.

NOTA:

LA FUNDICIÓN SEMI-ACERO O HIERRO CONCHA SON HECHAS DE UNA MEZCLA DE PARTES IGUALES DE ARRABIO Y CHATARRA.

CLASIFICACION DE LOS METALES NO FERROSOS

Los Metales no Ferrosos se caracterizan por no contener cantidades apreciables de hierro. Estos metales se clasifican en:

Metales preciosos

Y

Metales industriales

METALES PRECIOSOS

Se clasifican en reactivos y refractarios. Entre ellos identificaremos los preciosos que son Soldables:

- ORO
- PLATA
- PLATINO
- PALADIUM
- RODIO

METALES NO FERROSOS INDUSTRIALES

Estos Metales se clasifican en Forjados y Vaciados y los que con mayor frecuencia se Suedan son:

- EL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES
- EL COBRE Y SUS ALEACIONES
- EL NIQUEL Y ALEACIONES ALTAS DE NIQUEL
- EL MAGNESIO Y SUS ALEACIONES
- EL PLOMO
- EL ZINC
- EL TITANIO Y SUS ALEACIONES (entre otros)

METALES Y ALEACIONES NO FERROSAS

EL ALUMINIO.

EL Aluminio de símbolo Al, es el elemento metálico mas abundante en la corteza terrestre. Su numero atómico es 13 y se encuentra en el grupo 13 de la tabla periódica.

La tabla periódica de los elementos agrupa a estos en filas y columnas según sus propiedades químicas. Los elementos aparecen ordenados con su numero atómico.

El químico danés Hans Christian Oersted lo aisló por primera vez en 1825, por medio de un proceso químico que utilizaba una amalgama de potasio y cloruro de aluminio. Entre 1827 y 1845, el químico alemán Friedrich Wohler mejoro el proceso de Oersted utilizando potasio metálico y cloruro de aluminio. Wohler fue el primero en medir la densidad del aluminio y demostrar su ligereza. En 1854, Henri Sainte-Claire Deville obtuvo el metal en Francia reduciendo cloruro de aluminio con sodio. Con el apoyo financiero de Napoleón III, Deville estableció una planta experimental a gran escala y en la exposición de París de 1855 exhibió el aluminio puro.

ESTADO NATURAL.

Se encuentra normalmente en forma de silicato de aluminio puro o mezclado con otros metales como sodio, potasio, hierro, calcio y magnesio, pero nunca como metal libre. Los silicatos no son menas útiles, porque es extremadamente difícil, y por tanto muy caro, extraer aluminio de ellas. La bauxita, óxido de aluminio hidratado impuro, es la fuente comercial de aluminio y de sus compuestos.

En 1886, Charles Martín Hall en Estados Unidos y Paul L.T. Héroult en Francia descubrieron por separado y casi simultáneamente el óxido de aluminio o alúmina se disuelve en criolita fundida (Na_3AlF_6), pudiendo ser descompuesta electrolíticamente para obtener el metal fundido en bruto. El proceso Hall-Héroult sigue siendo el método principal para la producción comercial de aluminio, aun que se están estudiando nuevos métodos de aluminio en los lingotes comerciales; mas tarde puede ser refinado hasta en un 99,99%.

EXTRACCION DEL ALUMINIO.

El químico estadounidense Charles Martín Hall y el químico francés Paul L.T. Héroult descubren por separado y casi simultáneamente un método de extracción del aluminio: el óxido de aluminio o alúmina se disuelve en criolita fundida, que puede ser descompuesta electrolíticamente para obtener el metal fundido en bruto. El proceso Hall-Héroult sigue siendo el método principal para la producción comercial de aluminio, aunque se estudian nuevos métodos.

PROPIEDADES DEL ALUMINIO

De color plateado y muy ligero, su masa atómica es 26,98; tiene un punto de fusión de 660°C, un punto de ebullición de 2467°C y una densidad relativa de 2,7 g/cm³ es un metal muy electropositivo y altamente reactivo.

Al contacto con el aire se cubre rápidamente con una capa dura y transparente de óxido de aluminio que resiste la posterior acción corrosiva. Tiene la propiedad de reducir muchos compuestos metálicos a sus metales básicos. Por ejemplo, al calentar termita (una mezcla de óxido de hierro y aluminio en polvo), el aluminio extrae rápidamente el oxígeno del óxido; el calor de la reacción es suficiente para fundir el hierro. Este fenómeno se usa en el proceso Goldschmidt o termita para soldar hierro.

Entre sus compuestos más importantes está el óxido, el hidróxido, el sulfato y el sulfato mixto. El óxido de aluminio es anfótero, es decir, presenta a la vez propiedades ácidas y básicas. El cloruro de aluminio anhidro es importante en la industria petrolífera. Muchas gemas (el rubí y el zafiro, por ejemplo) consisten principalmente en óxido de aluminio cristalino.

APLICACIONES.

Un volumen dado de aluminio pesa menos que un tercio del mismo volumen de acero. Los únicos metales más ligeros son el litio, sodio, el berilio y el magnesio. Debido a su elevada proporción resistencia-peso es muy útil para construir aviones, vagones ferroviarios y automóviles, y para otras aplicaciones en las que es importante la movilidad y la conservación de energía. Por su elevada conductividad térmica el aluminio se emplea en utensilios de cocina y en pistones de motores de combustión interna. Solamente presenta un 63% de la conductividad eléctrica del cobre para alambres de un tamaño dado, pero pesa menos de la mitad. Un alambre de aluminio de conductividad comparable a un alambre de cobre es más grueso, pero sigue siendo más ligero que el de cobre. El peso tiene mucha importancia en la transmisión de electricidad de alto voltaje a larga distancia, y actualmente se usan conductores de aluminio para transmitir electricidad a 700.000 voltios o más.

Este metal se utiliza cada vez más en arquitectura, tanto con propósitos estructurales como ornamentales. Las tablas, las contraventanas y las láminas de aluminio constituyen excelentes materiales de construcción. Se utilizan también en reactores nucleares a baja temperatura porque absorbe relativamente pocos neutrones. Con el frío, el aluminio se hace más resistente, por lo que se usa a temperaturas criogénicas. El papel de aluminio de 0,018 cm de espesor, actualmente muy utilizado en procesos domésticos, protege los alimentos y otros productos perecederos. Debido a su poco peso, a que se moldea fácilmente y a su compatibilidad con comidas y bebidas, el aluminio se usa mucho en contenedores, envoltorios flexibles, y botellas y latas de fácil apertura. El reciclado de muchos recipientes es una medida de ahorro de energía cada vez más importante. La resistencia del aluminio a la corrosión por agua de mar también lo hace útil para fabricar cascos de barcos y otros mecanismos acuáticos.

Se puede preparar una amplia gama de aleaciones recubridoras y aleaciones forjadas que proporcionen al metal más fuerza y resistencia a la corrosión o a las temperaturas elevadas. Algunas de las nuevas aleaciones pueden utilizarse como planchas de blindaje para tanques y otros vehículos militares.

ALEACIONES DEL ALUMINIO.

SISTEMA DE DESIGNACION DE LA ALEACION:

La designación de aluminio forjado y de las aleaciones forjadas fue estandarizada por The Aluminum Association en 1954.

Consta de un sistema de numeración de 4 dígitos. El primero indica el grupo de aleación; el segundo señala el cambio de la aleación original o límites de impureza; el 0 se utiliza para la aleación original, y los enteros del 1 al 9 indican las modificaciones de la aleación.

En el grupo 1XXX para aluminio con un mínimo de impurezas del 99% y mayores los dos últimos dígitos son los mismos que los dos a la derecha del punto decimal en el porcentaje de mínimo de aluminio cuando se expresa a casi el 0.01%. de este modo, 1060 indica un material de 99.60% mínimo de pureza de aluminio y ningún control especial sobre las purezas individuales.

En los grupos de aleación del 2XXX al 8XXX, los dos últimos dígitos sirven solo para identificar las diferentes aleaciones de aluminio en el grupo.

| Elementos. | Numero de asociación de aluminio. |
|---|--|
| Aluminio 99% y mayor, principal elemento de aleación. | 1XXX |
| Cobre. | 2XXX |
| Manganeso. | 3XXX |
| Silicio. | 4XXX |
| Magnesio. | 5XXX |
| Magnesio y Silicio. | 6XXX |
| Zinc. | 7XXX |
| Otro elemento. | 8XXX |
| Series no utilizadas. | 9XXX |

EL COBRE Y SUS ALEACIONES

Las aleaciones de Cobre se ofrecen en las formas de vaciado y forjado, como sucede con el Aluminio. Las dos formas constan de alrededor de 250 aleaciones diferentes y se han ordenado por familias de aleaciones.

Cada familia de aleaciones y cada aleación dentro de una familia se identifican por un código numérico de tres dígitos que fue establecido por la industria del cobre y el latón de los EU, y es utilizado por la ASTM, la SAE. , y todos los productores de cobre y sus aleaciones de norte america.

El sistema de designación o Código, es administrado por la COOPER DEVELOPMENT ASSOCIATION (CDA.) “Asociación para el desarrollo del Cobre.”

PROPIEDADES Y APLICACIONES DEL COBRE

Su punto de fusión es de 1083° C, mientras que su punto de ebullición es de unos 2567° C , y tiene una densidad de 8.9 g/cm³. Su Masa Atómica es 63.546.

El cobre tiene una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades, como son su elevada conductividad térmica y eléctrica, la resistencia a la corrosión, excelente maleabilidad y ductilidad, NO MAGNETICO.

APLICACIONES

El uso mas extendido del cobre se da en la industria eléctrica con la fabricación de cables en general, generadores, motores, reguladores, equipos de señalización, aparatos electromagnéticos, sistemas de comunicación, accesorios de maquinas industriales, piñonería en general, utensilios de cocina, ornamentación artística, platería etc. El Cobre Arsenical se emplea mucho en la fabricación de tuberías para calderas, Intercambiadores de calor y recipientes sometidos a altas temperaturas tales como marmitas, pailas y reactores para el proceso de alimentos.

ALEACIONES

El Cobre puede mejorar sus propiedades básicas mediante una aleación adecuada. El Cobre por no ser Magnético puede ser fácilmente soldado con latón y estaño. El Cobre que se emplea para la fabricación de alambrado y Conductores Eléctricos, es Cobre Electrolítico 99.9% puro. El Cobre puede ser aleado con los siguientes elementos:

- COBRE ANTIMONIO
- COBRE BISMUTO
- COBRE PLOMO
- COBRE SILICIO
- COBRE FÓSFORO
- COBRE CADMIO
- COBRE CROMO
- COBRE TELURIO
- COBRE PLATA
- COBRE ZINC
- COBRE ALUMINIO
- COBRE ESTAÑO
- COBRE SILICIO
- COBRE MANGANESO
- COBRE NIQUEL
- COBRE BERILIO
- COBRE HIERRO

ESTAS ALEACIONES DAN
COMO RESULTADO
LATONES Y BRONCES
ORDINARIOS Y
ESPECIALES

OTROS METALES NO FERROSOS:

ANTIMONIO (**Sb**), BARIO (**Ba**), BERILIO (**Be**), BISMUTO (**Bi**), BORO (**B**), CADMIO(**Cd**), CALCIO (**Ca**), CARBONO (**C**), COBALTO (**Co**), GERMANIO (**Ge**), ORO (**Au**) INDIO (**In**), PLOMO (**Pb**), MAGNESIO (**Mg**), MANGANESO (**Mn**), MERCURIO (**Hg**) CROMO (**Cr**), MOLIBDENO (**Mo**) NIQUEL (**Ni**), NOBIO (**Nb**), PALADIO (**Pd**), SELENIO (**Se**), PLATA (**Ag**) TELURIO (**Te**), ESTAÑO (**Sn**), TITANIO (**Ti**), TUNGSTENO (**W**) ZINC (**Zn**)

INSTRUMENTOS DE CALIBRACIÓN Y MEDICION

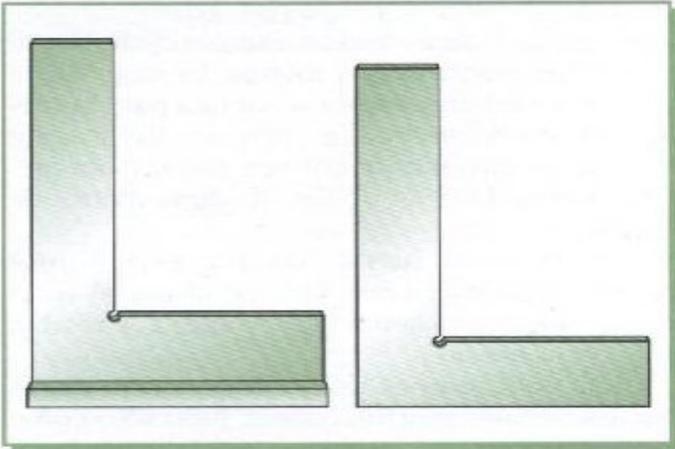


Fig. 4. Escuadras de tacón y sin tacón.

se usa como un instrumento de medida preciso, que suele estar conservado en cajas con fieltro para la protección de sus esquinas.

La medida de escuadra se realiza apoyando uno de los lados de la escuadra en la pieza y arrimando el otro hasta tocar éste (Fig. 5); una vez sentada la escuadra sobre ambos lados de la pieza presionando sobre uno de los lados, se mira a traluz por el otro, y comprobaremos si está a 90° o tiene aberturas en cualesquiera de los dos sentidos o chepas en el medio de la pieza.

La utilización en el taller es constante, en cualquier trabajo de fresa se necesita comprobar el paralelismo de las piezas recién mecanizadas, que se debe hacer en los dos sentidos según indica la figura 6; con esto comprobamos si la pieza tiene tripas o hendiduras en su superficie que nos indicaría que la herramienta de la fresadora no trabaja

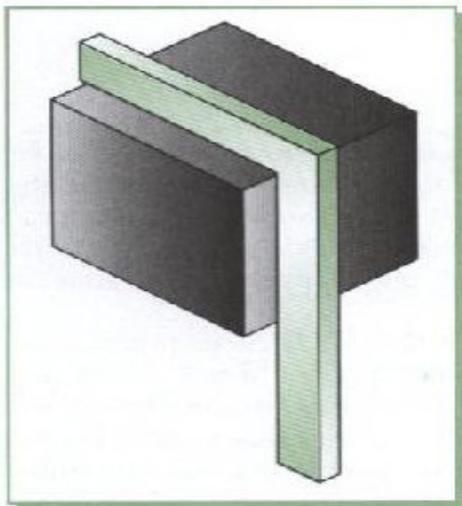


Fig. 5. Comprobación del paralelismo y la escuadra de las piezas.

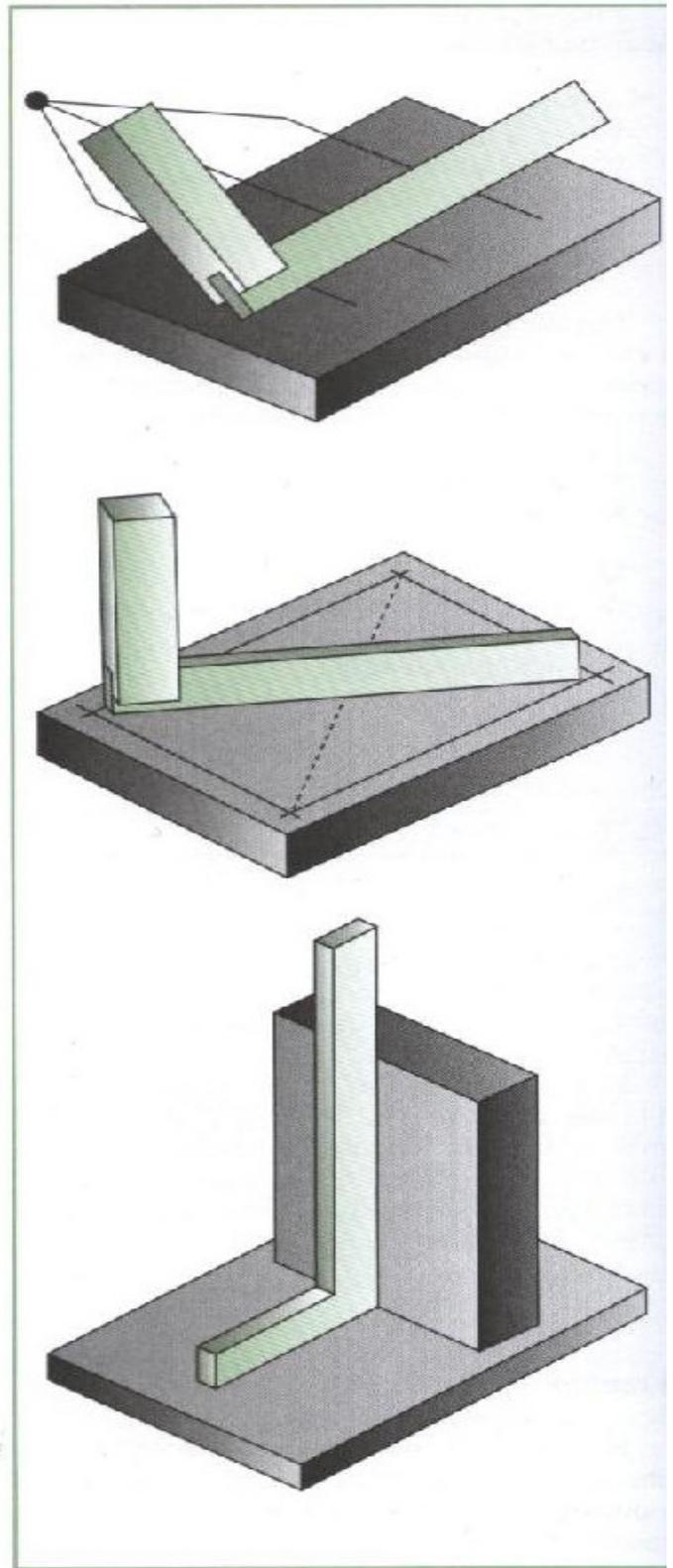


Fig. 6. Distintas formas de utilización de la escuadra.

ESCUADRAS DE PRECISION

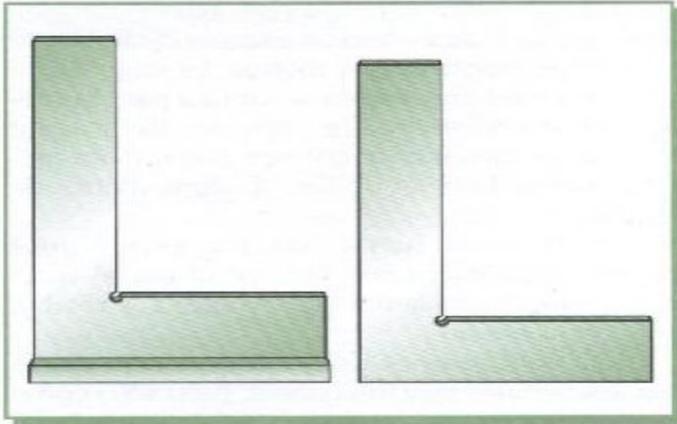


Fig. 4. Escuadras de tacón y sin tacón.

se usa como un instrumento de medida preciso, que suele estar conservado en cajas con fieltro para la protección de sus esquinas.

La medida de escuadra se realiza apoyando uno de los lados de la escuadra en la pieza y arrimando el otro hasta tocar éste (Fig. 5); una vez sentada la escuadra sobre ambos lados de la pieza presionando sobre uno de los lados, se mira a trasluz por el otro, y comprobaremos si está a 90° o tiene aberturas en cualesquiera de los dos sentidos o chepas en el medio de la pieza.

La utilización en el taller es constante, en cualquier trabajo de fresa se necesita comprobar el paralelismo de las piezas recién mecanizadas, que se debe hacer en los dos sentidos según indica la figura 6; con esto comprobamos si la pieza tiene tripas o hendiduras en su superficie que nos indicaría que la herramienta de la fresadora no trabaja

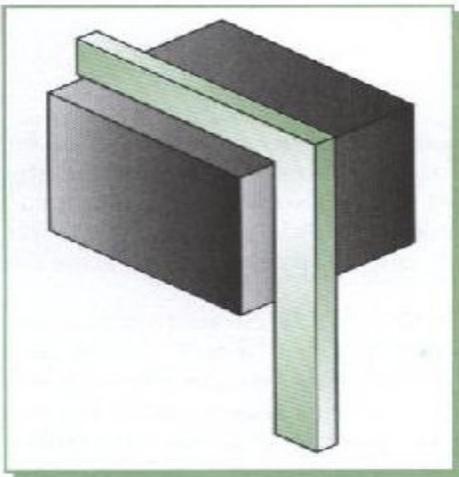


Fig. 5. Comprobación del paralelismo y la escuadra de las piezas.

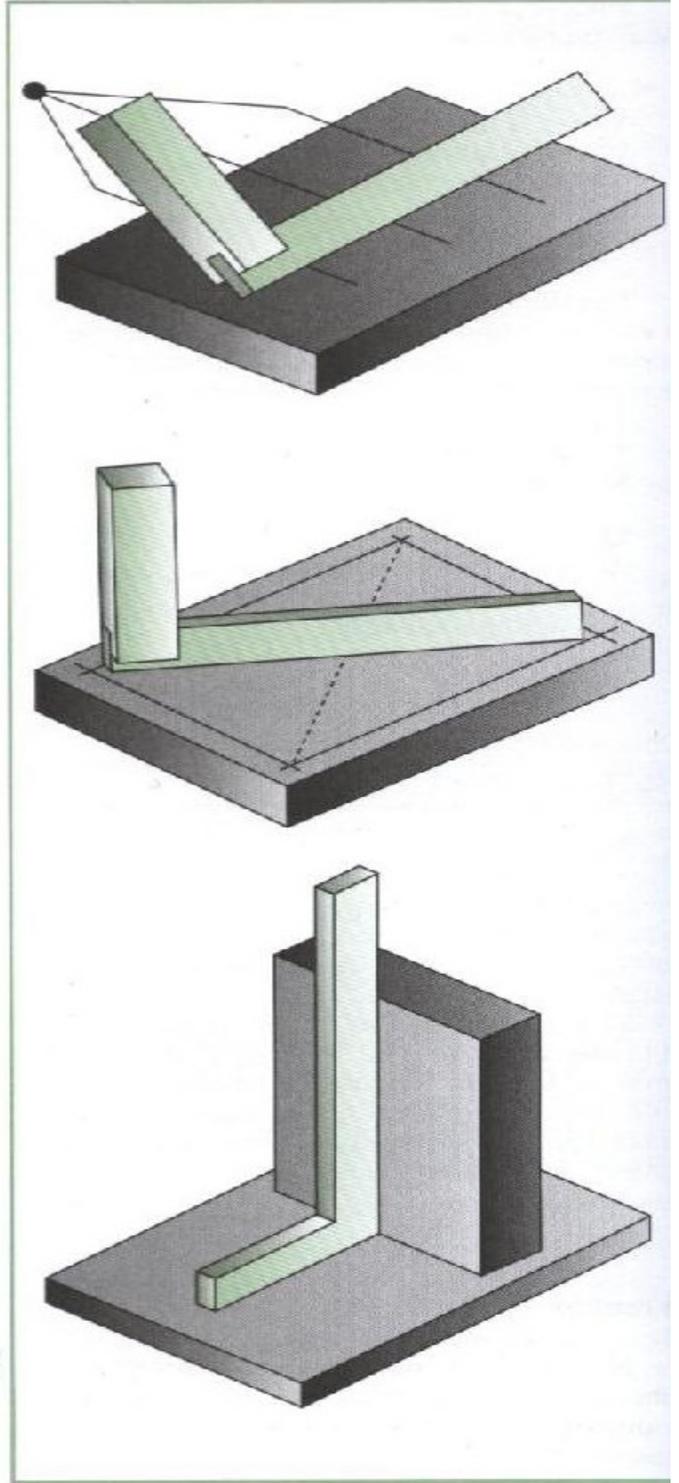


Fig. 6. Distintas formas de utilización de la escuadra.

EL CALIBRADOR PIE DE REY

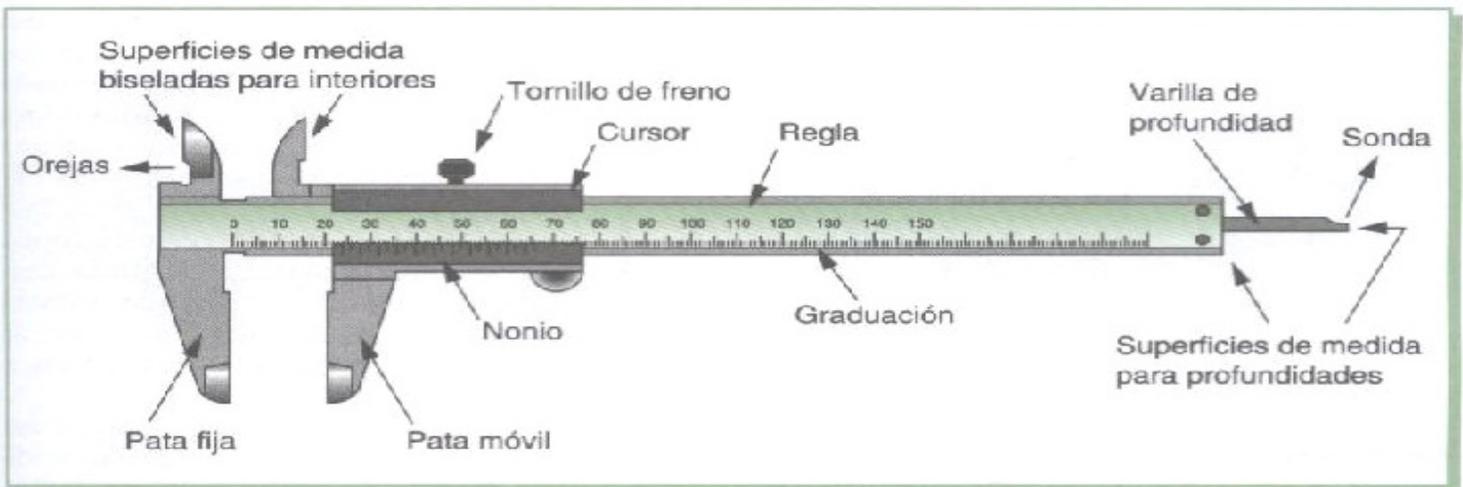


Fig. 7. Calibre

de modo correcto (el cabezal está mal ajustado). También se puede comprobar la escuadra de las caras de la pieza (Fig 6) apoyándola sobre un mármol y comprobando con la escuadra su perpendicularidad.

Calibre o pie de rey

El calibre es el instrumento de medida lineal que más se utiliza en el taller. Por medio del pie de rey se pueden controlar medidas de longitud externas, internas y de profundidad.

La precisión del calibre es entre $1/10$, $1/20$ y $1/50$ de mm.

Para comenzar familiarizándonos con los calibres, vemos en la figura 7 uno de éstos instrumentos de medida con las partes más importantes del mismo, que más adelante detallaremos; éste es el prototipo de calibre que se usa en cualquier taller para realizar las medidas habituales de las piezas mecanizadas.

La evolución de estos instrumentos de medida la podemos comprobar en la figura 8, donde tenemos otro calibre al que se le ha incorporado una especie de reloj para facilitar la medida; la aguja de este reloj nos indica la medida que hay entre milímetro y milímetro pero no indica el número de milímetros que tiene la abertura del calibre y hay que recurrir a la forma de medida tradicional que después explicaremos. También vemos en la figura 8 un calibre con lectura digital; ésta ya es una lectura directa y con bastante precisión, simplemente te-

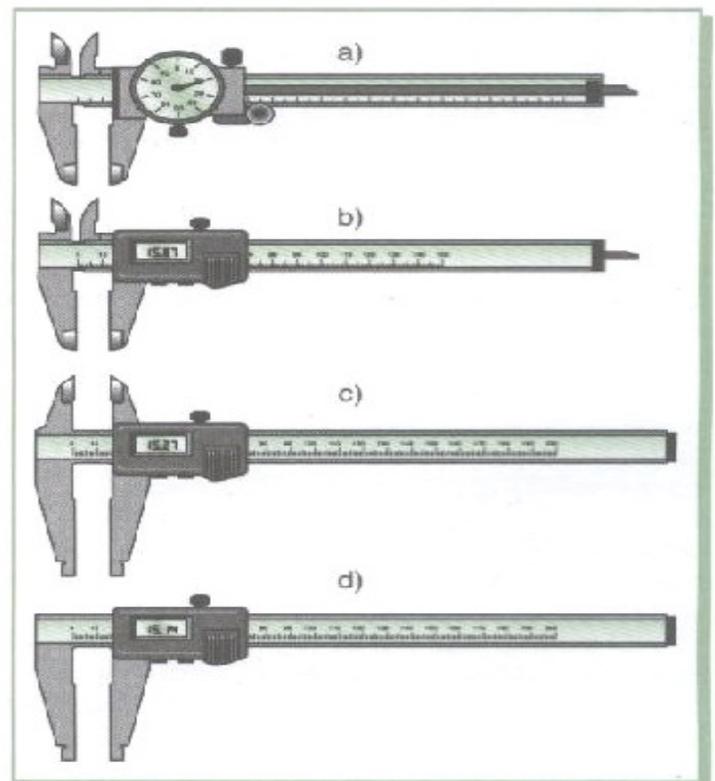


Fig. 8. Calibre con reloj y calibre digital.

nemos que realizar la medida y leer en la pantalla digital.

Pasamos a definir las partes del calibre y su situación en la figura 9, que son las siguientes: a) Cuerpo del calibre; b) Corredera; c) Puntas para la medida externa; d) Puntas para la medi-

PARTES DE UN CALIBRADOR

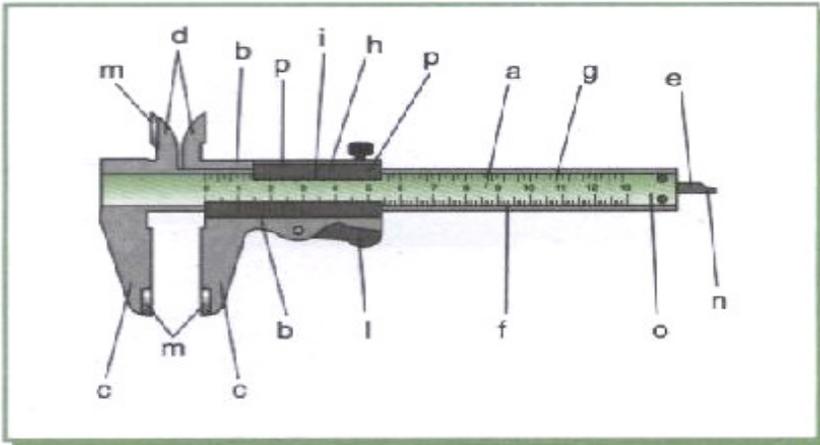


Fig. 9. Partes de un calibre.

da interna; e) Varilla para medir la profundidad; f) Escala graduada en milímetros; g) Escala graduada en pulgadas; h) Graduación del nonios en pulgadas; i) Graduación del nonios en milímetros; j) Pulsador para el bloqueo del cursor (en algunos calibres es sustituido por un tornillo); m) Embocadura de las puntas para la medida de ranuras, roscas, etc.; n) Embocadura de la varilla de profundidad para penetrar en agujeros pequeños; o) Tornillos para fijar la pletina que sirve de tope para el cursor, y p) Tornillo para corregir eventuales errores de paralelismo de las puntas de medida.

En el reverso del calibre se encuentran impresas algunas tablas de utilidad práctica en el taller, como la medida del diámetro del agujero para roscar.

El material con que se construyen los calibres es generalmente acero inoxidable, que posee una gran resistencia a la deformabilidad y al desgaste.

El nonios representa la característica principal del calibre, ya que es en el que se efectúan las medidas con aproximaciones inferiores al milímetro.

La graduación señalada en el cuerpo del calibre, y entre marcas, representa un milímetro, como si de una regla normal se tratara.

La graduación marcada en el nonios del cursor posee diez marcas que están subdivididas en partes iguales en una longitud de 9 mm. Así pues, la distancia entre dos marcas consecutivas del nonios es de $9/10$ de mm ($9 : 10 = 0,9$ mm).

Cuando el 0 del nonios coincide con el 0 de la escala del cuerpo, el pie de rey está ce-

rrado. En esta posición la décima marca del nonios coincide con la novena marca de la escala fija. Ninguna otra marca del nonios, comprendida entre el 0 y el 10, coincide con una marca de la escala del cuerpo del calibre.

Si abrimos la corredera de modo que la primera marca del nonios después del cero coincida con la primera marca de la escala fija del cuerpo, la abertura del calibre será de 0,1 mm, o sea: $1 - 0,9 = 0,1$ mm.

Si actuamos como en el caso anterior pero la segunda marca coincide con la segunda marca de la escala fija, la abertura del calibre resultará de 0,2

mm, o sea: $2 - (0,9 \times 2) = 2 - 1,8 = 0,2$ mm. Cuando se hace coincidir con el tercer trazo de la escala del cuerpo fijo con la tercera marca del nonios, la abertura del calibre será 0,3 mm, o sea: $3 - (0,9 \times 3) = 3 - 2,7 = 0,3$ mm. Cuando coincida la décima marca de la escala del cuerpo del calibre con la décima marca del nonios, la abertura del calibre será de 1 mm, o sea: $10 - (0,9 \times 10) = 10 - 9 = 1$ mm. En este caso el cero del nonios coincide exactamente con la primera marca de la escala del cuerpo fijo.

Para facilitar la lectura, la mayor parte de los pie de rey están dotados de un nonios doble dividido en 10 partes en una longitud de 19 mm, en vez de 9 mm. El principio de lectura y la aproximación no varían, varía tan sólo la visibilidad del trazo inciso sobre el nonios, porque al estar más distanciada es la que facilita la lectura.

En la figura 10a) el cero del nonios se encuentra después de la graduación 30 y antes de la 31, señalada en la regla del cuerpo fijo. La marca del nonios que coincide con una división de la escala fija es la quinta, siendo la parte decimal $7/10$. Por tanto, el resultado de la medida es: $30 + 0,7 = 30,7$ mm. En el ejemplo de la figura 10b) el resultado de la lectura es de 45,6 mm.

El calibre más preciso es el que se caracteriza por tener el nonios dividido en 50 partes, en una longitud de 49 mm. La distancia, pues, entre dos divisiones del nonios del cursor resulta 0,98 mm, o sea: $49 : 50 = 0,98$. El calibre cerrado, el cero del nonios, corresponde al cero de la escala fija del cuerpo y, en esta posición,

CALIBRADOR PARA MEDIR EN CENTESIMAS

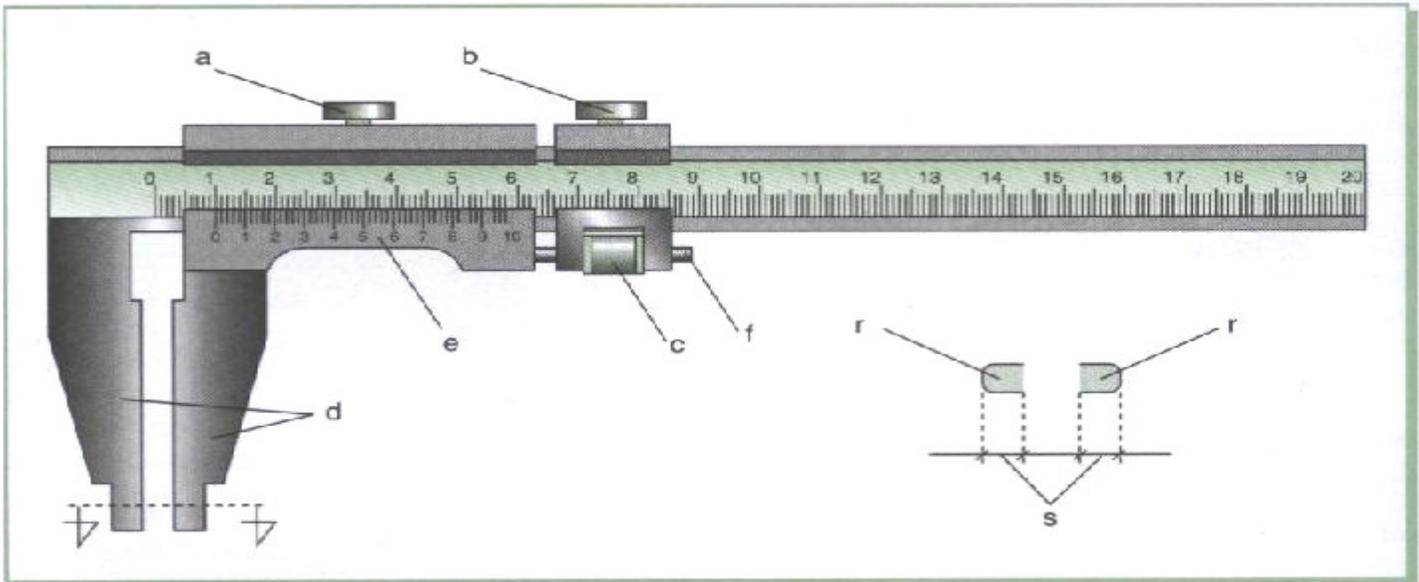


Fig. 12. Calibre centesimal.

Estos tipos de calibres son los que usan normalmente los torneros, ya que las puntas al estar redondeadas con un radio aseguran un perfecto contacto con la superficie interna del agujero.

Aplicaciones de los calibres

Las posibilidades del calibre como instrumento de medida son múltiples, como se puede comprobar en la figura 13, en la que especifica-



Fig. 13. Diversas posibilidades de medir con un calibre.

LECTURA DEL CALIBRADOR PIE DE REY

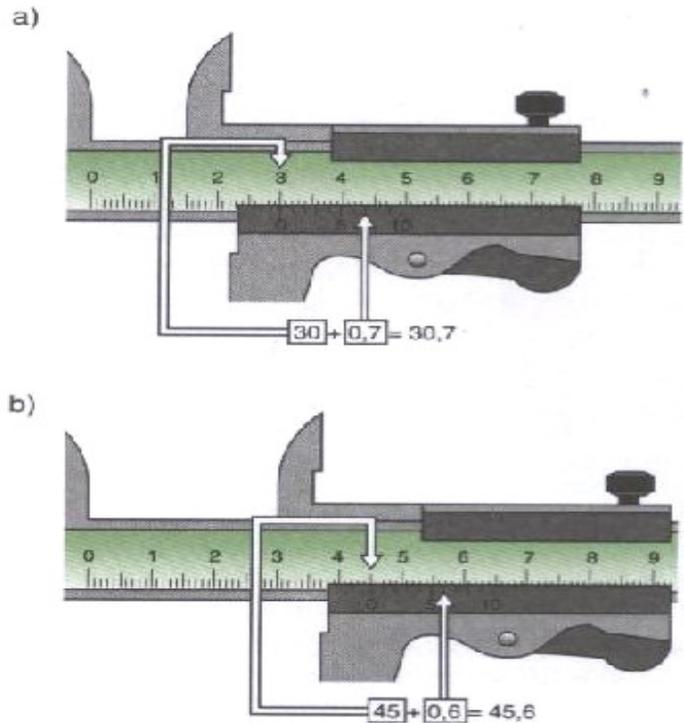
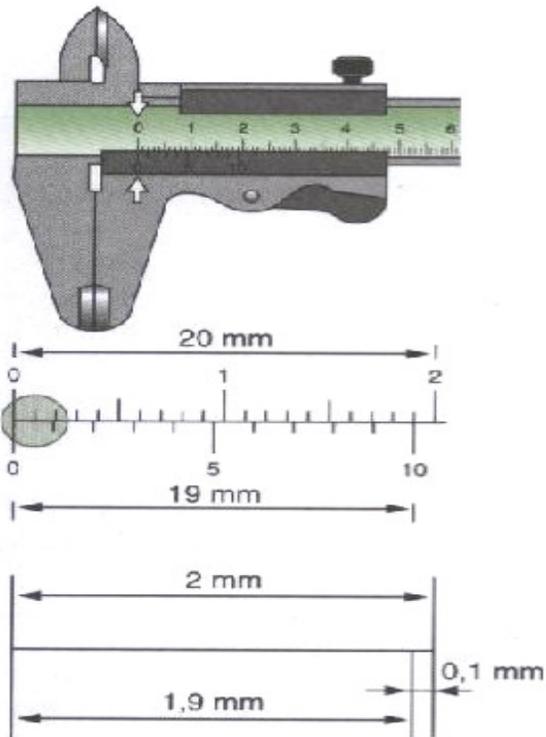


Fig. 10. Forma de medir con el calibre.

la división 50 coincide con la 49 de la escala fija (Fig. 11). Si situamos el cursor de manera que coincida la primera división del nonios con la primera división de la escala fija, la abertura del calibre es de 0,02 mm, o sea: $1 - 0,98' = = 0,02$ mm.

La más pequeña medida de un calibre centesimal, es decir, la aproximación mínima, es de 0,02 mm, o sea: $1/50$ mm.

En general, el calibre centesimal difiere de los otros calibres menos precisos por su precisión y por alguna particularidad constructiva. Veamos estas diferencias (Fig. 12):

- a) Tornillo de fijación del cursor.
- b) Tornillo de fijación del segundo cursor.
- c) Botón de maniobra del tornillo micrométrico.
- d) Extremidad de las puntas, que son de medida exacta (5 mm para pie de rey pequeños y 10 mm para los grandes, como 500 mm).
- e) Nonios centesimal.
- f) Tornillo micrométrico.

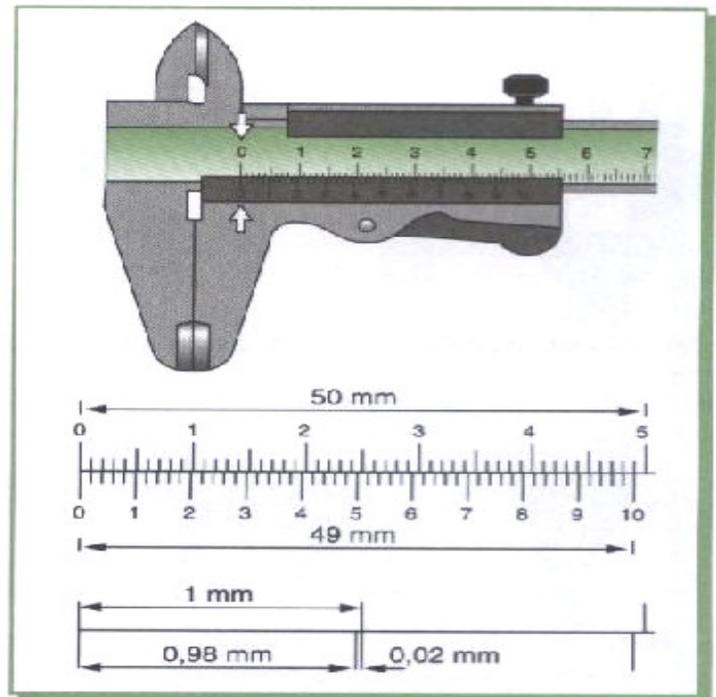


Fig. 11. Calibre puesto a cero.

CALIBRADORES ESPECIALES

mos todas la formas de manejo es estos instrumentos:

- Medida de exteriores, sean planos o cilíndricos.
- Medida de cajeados interiores con las orejas del calibre.
- Medida de la profundidad de una caja o un fondo con la sonda del calibre.
- Medida de puntos estrechos donde entran las partes delgadas del calibre.
- Trazado con la regla.
- Medida de diámetro en piezas/tubos cilíndricos, tanto exteriores como interiores.
- Marcado de un punto central.

Calibres especiales

Algunas variaciones del calibre han dado como resultado otros tipos de calibre con funciones más específicas. En la figura 14 podemos ver estos tipos de calibre que adquieren nombres propios dependiendo de la función específica que realicen. En el apartado *a)* de esta

figura 14 podemos ver una sonda de profundidad que su función es la de medir la profundidad de una caja o similar, con una base de asiento mucho mejor que la de un calibre universal y mejor precisión de medida.

En el apartado *b)* de esta figura 14 vemos un calibre de pie o de altura que apoyándolo encima de una pieza, la punta, nos da la altura calibrada, pero su función principal es la de marcar piezas rayándolas con la punta a la altura que fijemos con referencia a la mesa donde se apoya.

Calibres de altura van montados de forma rígida sobre una base. Estos calibres, denominados calibres verticales, pueden venir montados con una punta trazadora; en este caso se denominan gramiles por realizar la misma función de trazado. Estos calibres están montados y realizados de manera que la distancia entre la punta de medida o trazante y el plano de referencia corresponde a la distancia entre el cero del nonios y el cero de la escala del cuerpo fijo.

En la figura 15 vemos la forma de cómo un calibre de altura es utilizado como gramil para trazar en una pieza (*p*) una cota (*h*).

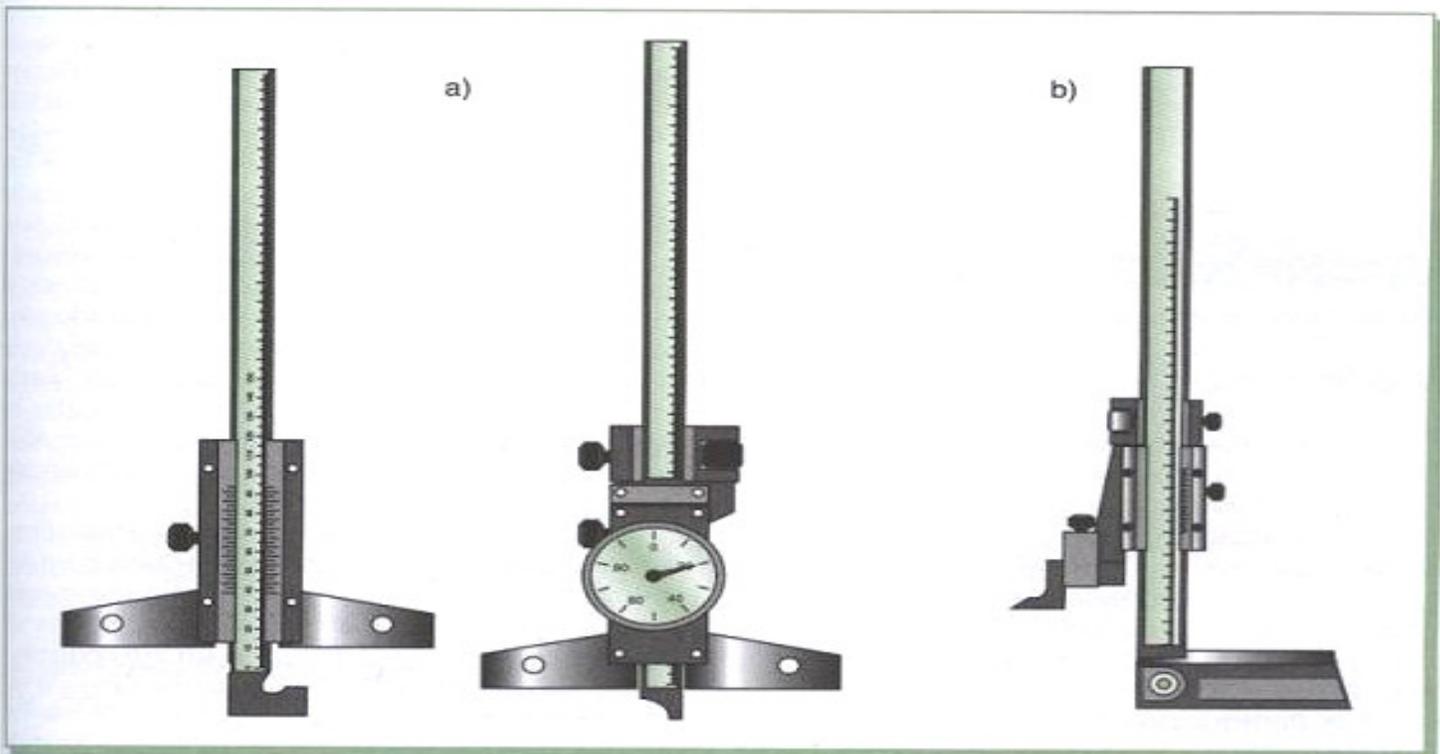


Fig. 14. Calibres especiales, llamados sonda de profundidad, y calibre de altura con función de gramil graduado o de precisión.

TRANSPORTADOR DE ANGULOS

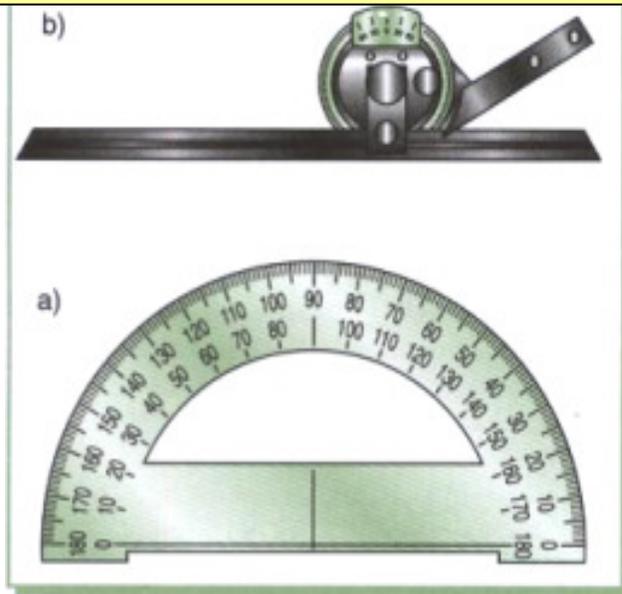


Fig. 23. Transportadores de ángulos: a) de deliniación; b) de mecánico.

— Escuadra fija (a) solidaria al disco graduado (b). La superficie (a_1) constituye el apoyo principal fijo del instrumento sobre la pieza y la superficie (a_2) es perpendicular a la principal y se utiliza sólo en casos particulares como superficie auxiliar de apoyo.

— Disco graduado (b). La graduación del disco tiene el valor cero en dos posiciones diametralmente opuestas. En cualesquiera de estas posiciones la escala crece en los dos sentidos hasta 90° .

— Disco móvil (c) con nonios graduado y coaxial al disco graduado (b).

— Regla (d), con una acanaladura central que le sirve para deslizarse por el soporte (e); una extremidad de la regla está inclinada a 45° y la otra a 60° .

— Soporte (e) de la regla solidaria al disco (b y c) mediante un perno.

— Tornillo (f) con excéntrica para fijar en cualquier posición la regla móvil.

— Tornillo (g) de bloqueo del soporte (e) al disco (b y c).

EL GONIOMETRO

La función de un goniómetro es la de medir el ángulo de una pieza, o en el papel, etc.; el funcionamiento básico de un goniómetro es sobreponerse o adaptarse al ángulo a medir, y en este aparato graduado comparar la medida del original. En la figura 23 vemos un transportador de ángulos para dibujar y otro que se utiliza en la mecánica para la medida de piezas tridimensionales.

El goniómetro mecánico es un instrumento de medida de ángulos con aproximaciones inferiores a 1° ; la aproximación del nonios es de $5'$, aproximadamente.

Está formado por las siguientes partes, que podemos identificar en la el esquema de la figura 24:

Los minutos están indicados por el número de divisiones del nonios que resultan comprendidas entre el cero y la división del nonios que coincide exactamente con cualquier división del disco externo, teniendo presente la dirección de la lectura.

Cuando el cero del nonios coincide con una división del disco graduado, el valor del grado es entero.

En ángulo se lee partiendo del cero del disco graduado en dirección a los 90° , teniendo presente la dirección de la lectura. En la figura 25 el cero del nonios coincide con la división 25 del disco graduado, luego la lectura es de 25° . Teniendo en cuenta la aproximación del instrumento desde el punto de vista metrológico, también es correcto escribir $25^\circ 0'$ (con aproximación de $5'$).

Cuando el cero del nonios no coincide con una división de la escala fija, el valor del ángulo está expresado en grados y fracción de grado (múltiplo de $5'$).

LECTURA DEL GONIOMETRO

— Nonios (*h*) atornillado al disco móvil (*c*).

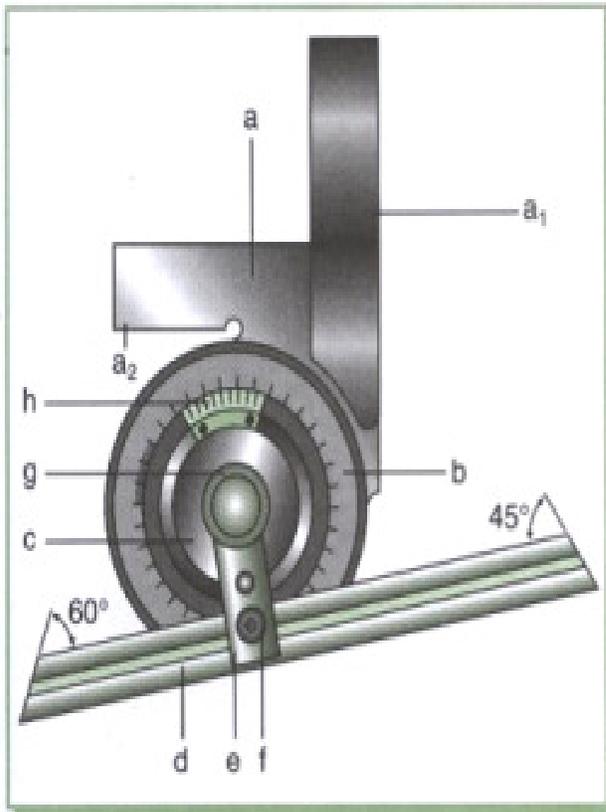


Fig. 24. Esquema de un goniómetro con todas sus partes.

La medida del ángulo se realiza sobre el nonios una vez ajustado en la pieza que deseamos verificar. Los grados son dados por el número de divisiones comprendidas entre el cero de la escala fija y el cero del nonios.

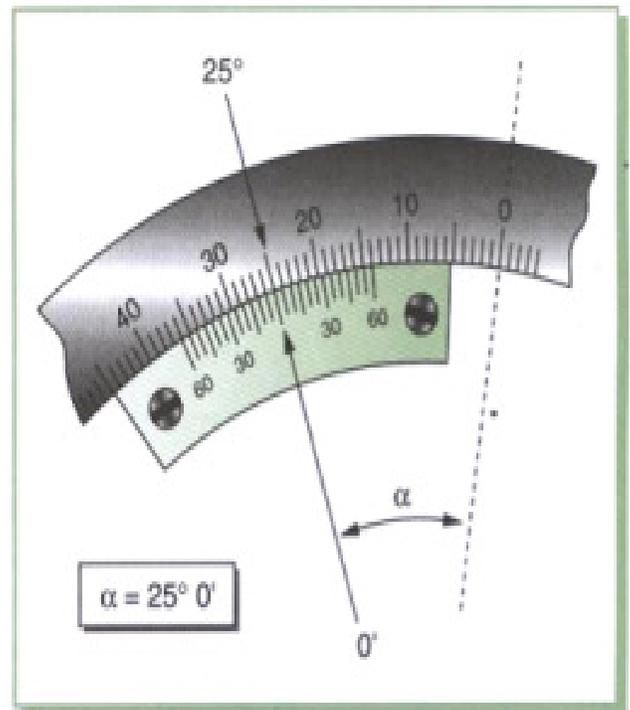


Fig. 25. Lectura del nonios de un goniómetro.

El sentido de la lectura del goniómetro se encuentra dado por la posición que ocupa el cero del nonios. Cuando el cero del nonios se encuentra a la izquierda del cero de la escala fija, la lectura será hacia la izquierda, o sea, considerando la parte del nonios a la izquierda del cero. Cuando el cero del nonios está a la derecha del cero de la escala fija, la lectura será hacia la derecha, o sea, considerando la parte del nonios a la derecha del cero.

CONSIDERACIONES FINALES:

Amigo lector, aquí no termina esta ésta labor, es precisamente en esta pagina en blanco donde empieza su gran carrera, la de investigar a profundidad los temas que por negligencia del tiempo, no se pudieron terminar. Pero estoy seguro que este sencillo manual le dará las bases necesarias para iniciar la estructuración que todo SOLDADOR TÉCNICO debe reunir para culminar con éxito su carrera.

El ejercicio de la soldadura, el Torno, la Mecánica, la Conducción, de un vehículo, la medicina, el derecho y toda labor que requiera de destreza manual, mental y espíritu creativo, se logra con disciplina, con metas, con deseos del éxito, con amor a nuestra profesión y por sobre todo con mucha practica y constancia, requisito indispensable para obtener experiencia. La practica hace al maestro.

En nombre de nuestra Institución y del mío propio, reciba muchas felicitaciones por todos los logros alcanzados y que las metas trazadas a corto y largo plazo se le cumplan sin mayores obstáculos y sean un eterno goce de virtudes y experiencias.

FIDEL GARCÍA NAVARRO
INSTRUCTOR DE SOLDADURAS

Parte de los apuntes aquí impresos se lograron gracias a los aportes suministrados por las Instituciones y Empresas Manufactureras y Metal Mecánicas Colombianas que con prontitud y diligencia hicieron posible el logro de este pequeño manual técnico.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
INSTITUTO DE SOLDADURAS WEST ARCO
SENA CENTRO DE METALURGIA Y SOLDADURA
INSTITUTO TÉCNICO JUAN BOSCO
SOLMAQ LTDA
INSTITUTO AGA FANO DE COLOMBIA
OERLINKON DE COLOMBIA
MESSER GREESHAM DE COLOMBIA
COMPAÑÍA GENERAL DE ACEROS

BOGOTA DC. ENERO DE 2006