



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN



INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
ÁREA INDUSTRIAL

MANUAL DE MÉTODOS DE INGENIERÍA
PARA LA APLICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA POR
ARCO ELÉCTRICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

MORENO MARTÍNEZ VÍCTOR MANUEL

DIRECTOR: ING. IRMA VELÁZQUEZ GONZÁLEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN



INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ
DIRECTORA DE LA ENEP ARAGÓN
PRESENTE.

Bosques De Aragón, Estado de México, a 29 de Mayo de 2003.

Por medio de la presente, solicito se autorice el registro de Tesis que desarrollará el (la) C:

30 MAY 2003

MORENO	MARTINEZ	VICTOR MANUEL
APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	NOMBRE(S)

De la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica

TEMA DE TESIS:
MANUAL DE METODOS DE INGENIERIA PARA LA APLICACION DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO.

CAPITULADO:
CAPITULO I INFORMACION BASICA PARA LOS PROCESOS DE SOLDADURA.
CAPITULO II METODOLOGIA Y PLANEACION PARA LOS PROCESOS DE SOLDADURA.
CAPITULO III PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO.
CAPITULO IV DEFECTOS Y SOLUCIONES EN LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO.
CAPITULO V COSTOS EN LA SOLDADURA.

ING. IRMA VELÁZQUEZ GONZÁLEZ.
Directora de Tesis

Lic. Alberto Ibarra Rosas
Jefe de la Secretaría Académica

Ing. Raúl Barrón Vera
Jefe de Carrera
Ingeniería Mecánica Eléctrica

DATOS PERSONALES DEL ALUMNO:			
DOMICILIO:	JACAPAMTAS LT. 15 MZ. 48, LOMAS DE SAN LORENZO	09780	
	CALLE	COLONIA	C.P.
	IZTAPALAPA	MEXICO, D.F.	
	DELEG./MPIO.	CIUDAD	
TELÉFONO:	58 59 76 94		



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

VICTOR MANUEL MORENO MARTINEZ
Presente

Con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobado su tema de tesis y asesor.

TÍTULO:
"MANUAL DE MÉTODOS DE INGENIERÍA PARA LA APLICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO"

ASESOR: Ing. IRMA VELÁZQUEZ GONZÁLEZ

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 9 de junio de 2003

LA DIRECTORA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



C p Secretaría Académica
C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica
C p Asesor de Tesis

LTG/AJR/la



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES CAMPUS ARAGÓN
 JEFATURA DE CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
 PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM
 JEFATURA DE CARRERA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
 OFICIO: ENAR/JAME/1054/03.
 ASUNTO: Sínodo.

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
 JEFE DE LA UNIDAD ACADÉMICA
 PRESENTE.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ESTUDIOS
 PROFESIONALES ARAGÓN
 7 JUN 2003

San Juan de Aragón, Estado de México, a 20 de Junio de 2003.

Por este conducto me permito informarle que el alumno(s) de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

MORENO	MARTINEZ	VICTOR MANUEL	No. de Cuenta:
APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	NOMBRE(S)	9127756-7

Ha concluido su trabajo denominado:

MANUAL DE METODOS DE INGENIERIA PARA LA APLICACION
 DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO.

RECIBIDO
 03 JUN 20 10 1 20

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el Examen Profesional correspondiente.
 Por lo que le solicito, tenga a bien autorizar, la continuación de los trámites para su titulación.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su amable atención y quedo a sus apreciables órdenes.

<p>ATENTAMENTE</p> ING. IRMA VELÁZQUEZ GONZÁLEZ. Director de Tesis	<p>Vo. Bo.</p> Ing. Raúl Barrón Vera Jefe de Carrera de IME
--	---

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
 SECRETARIO ACADÉMICO
 PRESENTE.

Por este conducto me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sínodo del Examen Profesional de el alumno: VICTOR MANUEL MORENO MARTÍNEZ, con Número Cuenta 09127756-7 con el tema de tesis: "MANUAL DE MÉTODOS DE INGENIERÍA PARA LA APLICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO."

PRESIDENTE:	ING. FEDERIQUE JÁUREGUI RENAUD	ABRIL	77
VOCAL:	ING. RAÚL BARRÓN VERA	OCTUBRE	78
SECRETARIO:	ING. IRMA VELÁZQUEZ GONZÁLEZ	MAYO	84
SUPLENTE:	M. en I. ULISES MERCADO VALENZUELA	ENERO	97
SUPLENTE:	ING. JOSÉ LUIS GARCÍA ESPINOSA	AGOSTO	98

Quiero subrayar que el Director de Tesis es el Ing. Irma Velázquez González, quien está incluido en base a lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
 Bosques de Aragón, Estado de México 17 de noviembre del 2003.
 EL JEFE DE CARRERA

ING. RAÚL BARRÓN VERA

c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefa del Depto. de Servicios Escolares.
 c.c.p. Ing. Irma Velázquez González, Asesor.
 c.c.p. alumno

RBV/scd.

c.c.p. Ing. José Luis García Espinosa.- Secretario Técnico de IME

Alumno

AGRADECIMIENTOS

Gracias:

DIOS por haber dado la vida, por darme el don de entendimiento y mostrarme la luz para encontrar el camino hacia una vida honesta y exitosa.

A Mis Padres:

Gracias, por brindarme todo su apoyo incondicional, sus consejos, por su paciencia y principalmente por darme una familia inmejorable y columna principal de mi vida; por que gracias a ellos soy lo que soy y tengo lo que tengo; porque sin ellos no seria posible la culminación de mi carrera. Los quiero.

A Mis Tíos:

Por ser parte de mi familia y que siempre me han apoyado y alentado para seguir adelante.

A Mi Asesor:

Ing. Irma Velásquez González, por su invaluable apoyo, tiempo y asesoramiento, para la culminación de este proyecto que forma parte de mi vida. Gracias.

A Mi Novia:

*Gracias, por ser parte fundamental de mi vida y parte principal para la culminación de este proyecto; y gracias también por tu apoyo, comprensión y consejos.
Te Amo Lety.*

A Mis Hermanos:

Dulce y José Luis, gracias por su apoyo, por creer en mi y por estar ahí, cuando necesite de su ayuda y de sus consejos. Sean buenas personas y profesionistas exitosos y sobre todo sean felices. Los quiero.

A Mis Profesores:

A todos, desde mi niñez hasta la culminación de mi carrera, porque gracias a ellos estoy en esta etapa de mi vida; gracias por su paciencia, experiencia y por todos los conocimientos que me han transmitido, porque han influido valiosamente en mi formación profesional. Gracias

A Mi Alma Mater:

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón (U.N.A.M.) mi agradecimiento infinito por haber cobijado y forjado durante cinco años.

A los profesores integrantes del sínodo de este proyecto, mil gracias por la atención que dieron al presente proyecto y a mí durante toda mi carrera. Gracias.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Para que todas las personas relacionadas con los procesos de soldadura les sea más fácil elegir un proceso de acuerdo a sus capacidades tanto de producción como económicas y así introducirse en el ámbito de los procesos de soldadura.

OBJETIVO PARTICULAR.

Es implementar este manual como material para capacitación del personal que no tiene los conocimientos técnicos sobre los procesos de soldadura por arco eléctrico.

JUSTIFICACIÓN.

Por la experiencia obtenida de supervisión en el área de fabricación y montaje de equipos industriales donde se requiere de un proceso de soldadura se ha observado que en algunos casos los soldadores no tienen una capacitación adecuada; sin embargo saben realizar los trabajos de soldadura y algunos acreditan las pruebas de homologación, y es gracias a su experiencia obtenida en trabajos anteriores de soldadura; pero cuando se les indica que apliquen un electrodo específico o que pidan en el almacén un electrodo para cierto proceso de soldadura o para determinado material base algunos soldadores no saben por que aplican ese electrodo; y he aquí la necesidad de crear e implementar un manual para que lo manejen los supervisores de procesos de soldadura, técnicos, obreros, soldadores y todas las personas relacionadas con los procesos de soldadura, especialmente los procesos de soldadura por arco eléctrico; y así satisfacer las normas, especificaciones de calidad y de seguridad e higiene; buscando así una mejora continua para las empresas y los trabajadores.

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN BÁSICA PARA LOS PROCESOS DE SOLDADURA

1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS	8
1.3 METODOLOGÍA	17
1.3.1 MÉTODOS EXISTENTES DE SOLDADURA	18
1.3.2 FORMAS DE EFECTUAR LA SOLDADURA	19
1.3.3 SOLDADURA HOMOGÉNEA Y HETEROGÉNEA	20
1.3.4 PROCESOS DE MAYOR APLICACIÓN EN MÉXICO	21
1.4 NORMAS, ESPECIFICACIONES Y CÓDIGOS	22
1.5 HOMOLOGACIÓN PARA SOLDADORES	29

CAPITULO II

METODOLOGÍA Y PLANEACIÓN PARA EL PROCESO DE SOLDADURA

2.1 IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL BASE	34
2.2 PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS DE TRABAJO	35
2.3 SELECCIÓN DEL ELECTRODO	39
2.3.1 CLASIFICACIÓN DEL ELECTRODO	44
2.3.2 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DEL ELECTRODO	49
2.4 EQUIPO DE TRABAJO	53
2.4.1 ACCESORIOS	57
2.5 POSICIONES PARA LA APLICACIÓN DE LA SOLDADURA	59
2.6 SEGURIDAD EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA	67
2.7 SEGURIDAD E HIGIENE EN LA SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO	69
2.7.1 PROTECCIÓN DE LA VISTA	71
2.7.2 SEGURIDAD AL USAR UNA MÁQUINA DE SOLDAR	72
2.7.3 LA SEGURIDAD Y CONDICIONES AMBIENTALES EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA	74
2.8 CASO PRACTICO DE LOS PASOS A SEGUIR PARA INICIAR UN PROCESO DE SOLDADURA	76

CAPITULO III

PROCESOS DE SOLDADURA

3.1 SOLDADURA TIG (GTAW)	84
3.2 SOLDADURA MIG	92
3.3 SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO	110
3.4 SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO	116
3.5 SOLDADURA ARCO PLASMA	133

CAPITULO IV

DEFECTOS Y SOLUCIONES EN LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO

4.1 MAL ASPECTO	150
4.2 PENETRACIÓN EXCESIVA	151
4.3 SALPICADURA EXCESIVA	152
4.4 ARCO DESVIADO	153
4.5 SOLDADURA POROSA	154
4.6 SOLDADURA AGRIETADA	155
4.7 COMBADURA	156
4.8 SOLDADURA QUEBRADIZA	157
4.9 PENETRACIÓN INCOMPLETA	158
4.10 FUSIÓN DEFICIENTE	159
4.11 DISTORSIÓN (Deformación)	160
4.12 SOCAVADO	161
4.13 PROBLEMAS POTENCIALES DEL GAS PROTECTOR	162
4.14 PROBLEMAS POTENCIALES DEL EQUIPO MIG	163

CAPITULO V

COSTOS EN LA SOLDADURA

5.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS EN OPERACIONES DE SOLDADURA	167
5.2 PESO METAL DEPOSITADO	168
5.3 EFICIENCIA DE APORTACIÓN	169
5.4 VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN	169
5.5 FACTOR DE OPERACIÓN	171
5.6 FLUJO DE GAS	171
5.7 FACTOR DE USO DE FÚNDENTE	171
5.8 COSTO DE SOLDADURA	172
5.9 COMPOSICIÓN DEL COSTO DE SOLDADURA	173
5.10 COSTO CONSUMIBLES	174
5.11 COSTO MANO DE OBRA	175

CASO PRACTICO PARA LA APLICACIÓN DEL MANUAL	180
---	-----

CONCLUSIONES	192
--------------	-----

APENDICE	194
----------	-----

BIBLIOGRAFÍA	224
--------------	-----

INTRODUCCIÓN

En México, las industrias en su mayoría utilizan procesos de soldadura; ya sean sofisticados o convencionales en sus diferentes formas de aplicación; por lo que sus trabajadores deben estar capacitados en los procesos de soldadura que emplean para sus productos o servicios.

La educación o capacitación que tenga cada trabajador en el área de soldadura es muy importante; ya que del soldador depende en su mayor parte el éxito que tenga cualquier proceso de soldadura, esto quiere decir que las empresas deben de invertir en tiempo y economía para la capacitación de sus trabajadores y así ser competitivas dentro de su área de trabajo.

Los procesos de soldadura son muy variados y versátiles, pero su aplicación depende de las necesidades de las industrias que requieran un proceso de soldadura; dichos procesos se clasifican de acuerdo a su origen de aplicación; soldadura oxi-gas, soldadura por inducción, soldadura por fricción, soldadura por resistencia, etc., pero los más empleados en la industria de la metal mecánica son los procesos por arco eléctrico.

Por lo descrito anteriormente solo hablaremos en el presente proyecto de los cinco procesos de soldadura más utilizados por arco eléctrico; sus antecedentes, los conceptos básicos que debe conocer cualquier persona involucrada con los procesos de soldadura, los tipos de preparación de superficies que existen de acuerdo a los espesores de los materiales a soldar, seleccionar los electrodos de acuerdo a los metales a soldar y a su diámetro, conocer el equipo de los cinco procesos más utilizados por arco eléctrico, las normas de seguridad para la aplicación de dichos procesos, la planeación y metodología para la puesta en marcha de un proceso, las causas de algunos defectos más comunes así como de sus posibles soluciones y por último calcular aproximadamente el costo de un proceso de soldadura.

CAPITULO I

INFORMACIÓN BÁSICA PARA LOS PROCESOS DE SOLDADURA

CAPITULO I

INFORMACIÓN BÁSICA PARA LOS PROCESOS DE SOLDADURA

1.1 ANTECEDENTES.

Desde de la antigüedad el hombre ha tenido la necesidad de unir uno o más metales para crear nuevos dispositivos. El método más antiguo para unir o soldar 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 si en un yunque, y se dejaban enfriar y endurecer.

Así entonces, que durante la *Edad de Bronce* ya se conocía la soldadura, la soldadura blanda y la soldadura de martillado y de oro, pero este proceso de soldadura por martillado o de forja usado durante este período es un proceso de fase sólida, para este proceso las piezas deberían tener dimensiones que le permitieran estar dentro del fuego de la forja, y por consiguiente, las placas de grandes dimensiones no pueden unirse entre sí por este método. Pero este problema se soluciono con el proceso de soldadura por fusión, tal como la conocemos en la actualidad, a finales del siglo XIX, se implementaron fuentes intensas de calor, disponibles a escala industrial, cuando la soldadura por gas, soldadura por arco y la soldadura por resistencia hicieron su aparición.

Antes de estos procesos de soldadura hicieran su aparición, a principios del siglo XX, se popularizo otro método para unir metales. Este método, llamado soldadura por vaciado. Este método se utilizaba para reparar piezas fundidas que tenían grietas o defectos, para hacer las piezas fundidas se vacía el metal fundido en un molde y se deja enfriar con lentitud, para que se adapte a su forma., cuando se necesita reparar una pieza fundida se forma un molde alrededor de la pieza fundida se vuelve a vaciar el metal fundido una y otra vez sobre los bordes de la fractura hasta que se funden, después se cierra el molde y se deja que el hierro solidifique.

Esta forma de soldar es una operación de vaciado en miniatura y de ahí su nombre soldadura por vaciado. Tanto el método antiguo como el de soldadura por vaciado no resultaron muy prácticos ya que las piezas grandes de metal no se podían soldar en la forja y mucho menos reparar por vaciado., y a menudo las uniones o soldaduras no eran fuertes ni duraderas. Transcurridos unos años del siglo XX se desarrollo un método mejor, este método, llamado soldadura por fusión produce una unión permanente que es tan fuerte o más que el metal de las piezas que se van a unir.

Tal y como conocemos este proceso de soldadura por fusión, "hizo su aportación al rededor del año 1916, con la soldadura oxiacetilénica que fue un proceso completamente desarrollado capaz de producir soldaduras por fusión de alta calidad en placa fina de acero, aluminio y cobre desoxidado. La soldadura por arco con electrodo fundible es más compleja en carácter y se desarrolla más lentamente, inicialmente se utilizaron electrodos de alambre desnudo, pero el metal que resultaba del proceso de soldadura contenía un alto porcentaje de nitrógeno y como resultado era frágil" ¹.

Se buscaron soluciones para este problema así como la envoltura de alambre con amiato o papel, este ultimo desarrolla como el precursor de electrodos con revestimiento de tipo celulósico desarrollado en los EE.UU., el cual se desarrollo al tipo moderno de electrodo revestido con mezclas de minerales , ferroaleaciones y en otros casos, con materiales orgánicos que están unidos con silicato de sodio o de potasio.

¹ LANCASTER, J.F. *Tratado de Soldadura*. Editorial Tecnos. España, 1972. p. 18

Otros procesos de soldadura fueron "la soldadura por roldana y la soldadura por puntos, que se utiliza para hacer uniones a solape en chapa fina, y la soldadura a tope, utilizada para la fabricación de cadenas y para la unión de barras y secciones, se establecieron plenamente en 1920"². Sin embargo, el roblonado continuó siendo el método predominante de unión de placa y secciones de acero hasta la Segunda Guerra Mundial del 1939-1945.

Pero antes de la Segunda Guerra Mundial se estaba desarrollando otro método de soldadura y este fue la soldadura ultrasónica, "el empleo de vibraciones ultrasónicas para la soldadura y, concretamente, para la soldadura del aluminio empezó a estudiarse en Alemania hacia 1936 y, desde 1938 existe una patente alemana de soldador ultrasónico, si bien el procedimiento fue poco conocido hasta 1950, en los Estados Unidos los tratamientos se empezaron a aplicar industrialmente en 1952 y, desde 1955 han ido apareciendo máquinas comerciales."³

Durante este periodo surgieron nuevos métodos de soldadura como el proceso de soldadura con arco sumergido "este procedimiento fue puesto a punto entre 1935 y 1940, tanto en los Estados Unidos como en Rusia"⁴, su principio se establece entre un hilo continuo que se introduce en un polvo fundente y la pieza cubierta con dicho fundente.

² LANCASTER, J.F. Ob. cit. p. 20

³ MOLERA Solá, Pere. *Soldadura Industrial: Clases y Aplicaciones*, Editorial Marcombo. España, 1992. p. 51

⁴ MOLERA Solá, Pere. Ob. cit p. 31

El hilo es decir el alambre que generalmente es de color cobrizo va enrollado en una bobina llamada devanera, el alambre se va desenrollando a medida que se va fundiendo, estando regulados por dispositivos automáticos. "Desde la invención del proceso de soldadura protegida por gas inerte en 1943, se han desarrollado y multiplicado los procesos de soldadura a una escala muy notable, y como resultado la gran mayoría de los metales utilizados en la industria pueden soldarse por uno o por otro medio." ⁵

Después de la Segunda Guerra Mundial, con el gran desarrollo tecnológico nacen nuevos métodos de soldadura como la soldadura bajo escoria electroconductora o mejor conocido como <<Electroslag>>; este procedimiento "fue puesto a punto en la URSS, hacia 1953 y constituye una variante de la soldadura con arco sumergido, encontrando interesantes aplicaciones en la soldadura de los aceros ordinarios y especiales cuando éstos tienen grandes espesores." ⁶

Al desarrollarse nuevos métodos de unión por soldadura se podría pensar que se han solucionado en gran parte los problemas de unión de metales, pero, la soldadura al mismo tiempo que solucionaba los problemas de la unión de metales, introducía en el metal base nuevos problemas derivados de la fragilidad del cordón de

soldadura y de la zona afectada por el calor y problemas corrosivos originados por las heterogeneidades creadas en el proceso de unión. "Con los espectaculares fallos de algunos barcos soldados durante la Segunda Guerra Mundial de 1939-1945 y después de ésta condujeron a profundas investigaciones en el fenómeno de fractura frágil, y a pesar del conocimiento del problema no se ha completado en modo alguno, pero existe la suficiente información para su control efectivo" ⁷.

⁵ LANCASTER, J.F. Loc. Cit

⁶ MOLERA Solà, Pere. Ibid. p. 37

⁷ LANCASTER, J.F. Ibid. p. 21

Casi a la mitad del siglo XX la ciencia metalúrgica ha experimentado un notable incremento que ha servido de base a una tecnología desbordada., debido a este avance tecnológico en la actualidad existen varios procesos de soldadura. El lance de nuevas tecnologías de automatismo en el campo de la soldadura ha aportado grandes resultados como : los robots, con su sorprendente y perfeccionada técnica, implican rapidez, precisión y seguridad en su actuar.

Actualmente existen procesos de soldadura que están relacionados con casi todas las actividades, además de ser una importante industria en sí misma. Casi todos los productos de manufactura en la actualidad constan de más de una sola pieza para formar un producto unitario y estos es gracias a la introducción del proceso de unión por soldadura en algunas etapas del proceso productivo, ya que este proceso encierra en sí mismo una gran variedad de métodos que lo constituyen como el proceso de conformación metálica más versátil en la actualidad. Sin embargo, debe señalarse que la soldadura representa en nuestros días uno de los sistemas más empleados para la unión de piezas metálicas, que ha desplazado, en muchos casos, a otros sistemas de unión o fabricación.

1.2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS.

En capítulo anterior hemos visto el desarrollo tecnológico que ha obtenido la soldadura y en especial a partir de la Segunda Guerra Mundial de la cual recibió un impulso definitivo. A hora bien, queda establecida la importancia de la soldadura por el hecho de que actualmente no existe ninguna empresa industrial que no utilice la soldadura ya sea para sus procesos de producción o bien para la conservación o reparación de sus equipos e instalaciones.

Por lo anterior toda persona que este involucrada o relacionada con la soldadura debe tener claro algunas definiciones o conceptos necesarios para el campo de la soldadura como los mencionados a continuación.

Acetileno. (C₂H₂)

Es un hidrocarburo gaseoso, muy inflamable, incoloro; mezclado con aire es explosivo; para fines comerciales se disuelve en acetona y se guarda en cilindros a presión, hoy en día su principal aplicación es en sopletes en combinación con oxígeno para soldadura de metales.

Calor total de fusión.

Es la cantidad necesaria de calor para fundir una masa determinada de metal.

Cordones.

Es la soldadura que llena con metal el interior de una unión; generalmente se maneja en términos de volumen de metal depositado en minutos.

Desoxidación.

Es la operación del oxígeno del metal fundido de la soldadura, generalmente por la combinación química con otros elementos, para formar compuestos inorgánicos que flotan sobre la superficie del metal fundido y al enfriarse se convierten en escoria.

Electrodo consumible.

Es el que establece el arco eléctrico y gradualmente se funde para unirse al arco en forma de metal de relleno en la junta o unión.

Electrodo no consumible.

Es un carbón o tungsteno en forma de electrodo, constituye y mantiene el arco sin fundirse.

Electrodo recubierto.

Es el electrodo para soldadura con arco, que tiene una camisa delgada que cubre el núcleo o corazón metálico del material destinado al relleno, el cual, al consumirse durante la fusión, se estabiliza el arco y aporta ingredientes químicos necesarios para eliminar impurezas procedentes del material fundido.

Fúndente.

Es un material no metálico que disuelve y evita la formación de óxidos metálicos, nitratos y otras intromisiones indeseables adentro de la soldadura.

Gas inerte.

Se le denomina al helio y al argón, que no se combinan químicamente con otros elementos. Tales gases sirven como una protección efectiva del arco de la soldadura y el metal fundido contra la contaminación de la atmósfera hasta la solidificación por enfriamiento.

Material base.

En los procesos de soldadura se le denomina material base a las piezas que se van a unir.

Metal de relleno o aporte.

Es el que se deposita en el interior de una junta, procedente del electrodo o del material de aporte, para obtener la soldadura deseada. Es decir el material con que se suelda.

Metal fundido.

Es el producto de la fusión, en la que ha sido fundido completamente el metal, debido a la acción de calor.

Oxiacetileno.

Se le denomina Oxiacetileno a la mezcla de acetileno y oxígeno que se emplea para soldar con soplete.

Oxidación.

Es la degradación común que sufren los metales cuando reaccionan con el oxígeno del aire o del agua.

Oxígeno.

Símbolo (O), el oxígeno es un elemento gaseoso, incoloro, insaboro e inodoro, esencial a la respiración forma parte integrante de la atmósfera, del agua, de los óxidos y de la mayoría de las sustancias orgánicas y dentro de la combustión es el elemento que la mantiene ya que sin oxígeno no puede existir la combustión.

Penetración.

Es la profundidad a partir de la superficie del metal base, en la que el calor que llega es suficiente para fundir el metal y convertirlo en líquido o semi-líquido; también se le llama "profundidad de fusión". Por penetración también se entiende que es la capacidad del arco o electrodo de llegar al fondo de la ranura o espacio de los materiales que serán soldados.

Polaridad directa.

Es un arreglo para conectar una línea de corriente continua (CC), en la que el polo negativo se conecta al porta electrodo y el positivo a la pieza de trabajo.

Polaridad invertida.

Es la forma de conectar los cables de una línea de corriente continua, cuyo polo positivo se conecta al porta electrodo y el negativo en la mesa de trabajo o pieza de operación.

Proceso. Se denomina proceso al conjunto de actividades o pasos sucesivos para obtener un servicio o producto final.

Proporción de depósito. Es la velocidad con que se deposita el material en una junta de materiales para ser soldados, mencionada por volumen de metal depositado por minuto.

Protección gaseosa. Es la protección primaria del arco de metal fundido en contra de la oxidación o de otras reacciones de los elementos que provenientes del aire, rodean la operación de soldar. Usualmente también estabiliza el arco.

Soldabilidad. Es la propiedad o capacidad que poseen los metales de unirse bajo cualquier proceso de soldadura. Es conveniente mencionar que los metales no poseen todos en igual grado esta propiedad.

Soldadura. Es la unión de piezas metálicas o no metálicas, con o sin material de aporte, utilizando cualquiera de los procesos existentes de soldadura.

Soldadura a gas. Es la soldadura que emplea una flama de oxígeno y acetileno. Llamada también soldadura oxiacetilénica.

Soldadura a tope. Soldadura para unir piezas por sus extremos sin traslaparlas.

Soldadura a tope por arco. Es el tipo de soldadura por resistencia en que las piezas de trabajo, que actúan como electrodo, se sujetan con prensas que conducen la electricidad.

Soldadura automática. Es la operación de soldar con máquina gobernada automáticamente, incluyendo, alimentación, velocidad, la alimentación del gas de protección así como mantener la corriente del metal fundido y equilibrar el arco para el consumo por fusión, todo estos pasos son suministrados automáticamente desde el soplete o cabeza soldadora.

Soldadura bajo escoria electroconductora. Es la soldadura con arco que emplea metal de relleno o aporte de un electrodo de alambre y una protección de fúndente, granulada, suelta. Se caracteriza porque su aplicación se efectúa verticalmente y en sentido ascendente.

Soldadura con haz de electrones. Tipo de soldadura en que el calor se aplica con un cañón de electrones.

Soldadura de costura. Es el tipo de soldadura por resistencia en la cual emplean rodillos en lugar de electrodos.

Soldadura de estaño. Soldar con varilla de estaño-plomo a temperaturas más o menos bajas. Unir dos piezas metálicas con un tercer metal que tiene un punto de fusión más bajo.

Soldadura dura. Es la que se hace con soldadura de plata a altas temperaturas.

Soldadura explosiva. Es la unión de metales por medio de la fuerza de una explosión.

Soldadura fuerte. Es la acción de soldar usando una varilla de bronce a temperaturas muy altas. También se denomina soldadura con bronce o soldadura con soplete.

Soldadura MAG. (Metal active gas) soldadura al arco con electrodo metálico consumible protegido por gas activo, este proceso de soldadura es igual que el MIG, pero cuando se utiliza un gas activo como el dióxido de carbono el proceso de soldadura se denomina MAG.

Soldadura manual. Es la ejecutada de manera que la soldadura, en la que el electrodo, en una determinada posición del portaelectrodo, es sostenida por el soldador que la guía a lo largo de la costura, manteniendo la adecuada apertura del arco.

Soldadura MIG. (Metal Inert gas) soldadura al arco con electrodo metálico consumible protegido por gas inerte, es un proceso que emplea un alambre (micro electrodo) el micro alambre contiene las propiedades específicas que se le quiera adicionar a la soldadura protegida por los gases, es alimentado de manera continua, el suministro del micro electrodo se hace a través de una antorcha y de manera constante por medio de un sistema electromecánico de alimentación.

Soldadura por arco. Es la acción de soldar mediante el calor producido al establecer un arco eléctrico entre las piezas metálicas de trabajo y un electrodo. También es conocida como soldadura con metal y arco protegido (SMAW).

Soldadura por arco con electrodo revestido. Este tipo de soldadura es como el MIG pero sin gas protector, la atmósfera protectora se genera por fusión y evaporación del revestimiento del electrodo.

Soldadura por arco de plasma (PAW). (Plasma Arc Welding) Es el tipo de soldadura con arco en que se emplea un chorro de plasma de un gas inerte.

Soldadura por arco sumergido (SAW). (Submerged Arc Welding) Es la soldadura con arco que emplea metal de relleno o aporte de un electrodo de alambre y una protección de fúndete granulada suelta, el cual es un sistema de alta deposición.

Soldadura por forja. Es el empleo de un martillo de herrero para soldar entre sí piezas de metal, estando calientes y blandas.

Soldadura por fusión. Es aquella por medio de la cual dos metales quedan unidos, fundiéndose directamente entre sí sin la adición de otro metal de relleno o de electrodo.

Soldadura por pulso de láser. Es la soldadura mediante el calor proporcionado por las pulsaciones de un haz de luz de láser.

Soldadura por puntos. Es el proceso para soldadura a presión en que se pasa electricidad a través de superficies muy pequeñas en piezas traslapadas. La resistencia al paso de la electricidad genera calor y produce la soldadura.

Soldadura por resistencia. Soldadura producida con el calor generado por la resistencia de una pieza de trabajo metálico al paso de una corriente eléctrica.

Soldadura semiautomática. Es aquella operación en la que el electrodo, el material de aporte con o sin fúndete, son alimentados automáticamente.

Soldadura TIG. (Tungsten Inert gas) soldadura al arco con electrodo de tungsteno protegido por gas inerte. La soldadura mediante el proceso "TIG" efectúa la unión del metal por medio del calentamiento que produce el Arco Eléctrico. Una terminal es generalmente un electrodo de Tungsteno y la otra es la pieza a soldar que se va a trabajar.

Soldadura traslapada. Es la unión de dos piezas por soldadura, pero con la condición que dichas piezas estén traslapadas.

Soldadura ultrasónica. Es la que se lleva acabo por ultrasonidos, es decir mediante la producción de vibraciones de alta frecuencia aplicadas a la zona de contacto de las piezas que se desean unir, sometidas a cierta presión.

Temperatura de fusión. Se llama temperatura de fusión o punto de fusión de los metales y aleaciones a la temperatura, a la cual pasan del estado sólido al estado líquido.

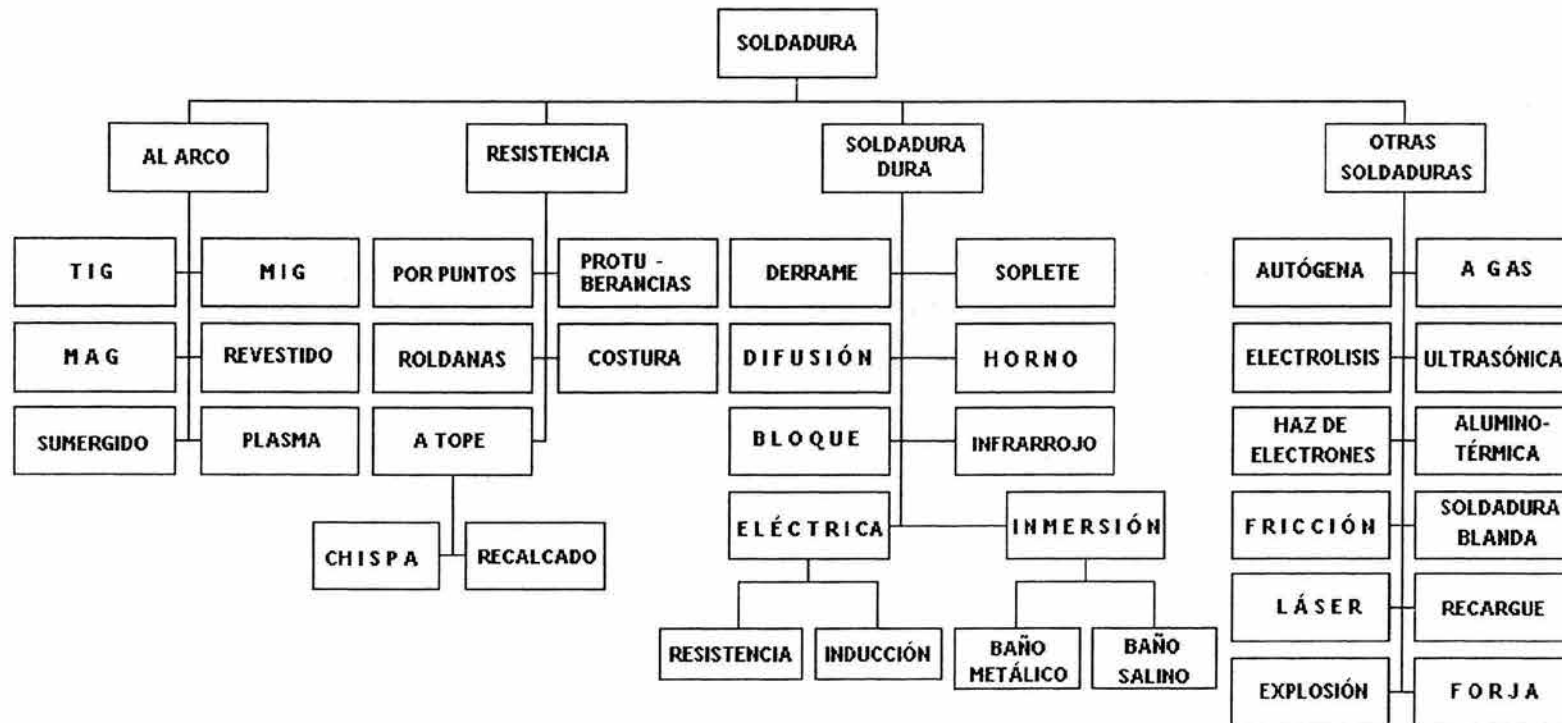
1.3 METODOLOGÍA.

El método de unión por soldadura es fundamental para la expansión y productividad de nuestras industrias, como ya se ha mencionado anteriormente, la soldadura es uno de los principales medios de fabricación, de conformación y de reparación de productos metálicos, es difícil mencionar alguna industria, grande o pequeña, que no utilice algún tipo de soldadura.

Se puede decir que la mayor contribución de este método de unión a la sociedad actual esta en la fabricación de los electrodomésticos; por ejemplo en la fabricación de televisores, neveras, cocinas, lavadoras y otros productos; en los cuales se ocupan distintos métodos de soldadura. La soldadura también se emplea ampliamente en la fabricación y reparación de maquinaria y equipo agrícola, maquinaria para minas y explotaciones petrolíferas, calderas, maquinaria para cementeras, maquinaria para ingenios azucareros, hornos, etc. Por lo que el método de soldadura debe ser versátil para satisfacer las necesidades de cada industria; por lo que existen una gran variedad de métodos como se muestra en el cuadro 1.3.1.

Métodos Existentes de Soldadura

CUADRO 1.3.1



Como se ha visto en el cuadro anterior existen una gran variedad de métodos para unir o soldar los metales, atendiendo así las necesidades de la industria. Y estos métodos pueden efectuarse principalmente como lo muestra el siguiente esquema 1.3.2

1.3.2 Formas de Efectuar la Soldadura

Interponiendo en la superficie de la junta un material o una aleación que forma cuerpo con las partes a unir.



Provocando la fusión y solidificación consiguiente, de las partes en contacto.

A baja presión y con la aplicación de vibración ultrasónica.

Consiguiendo su enlace por reblandecimiento y compresión a alta temperatura

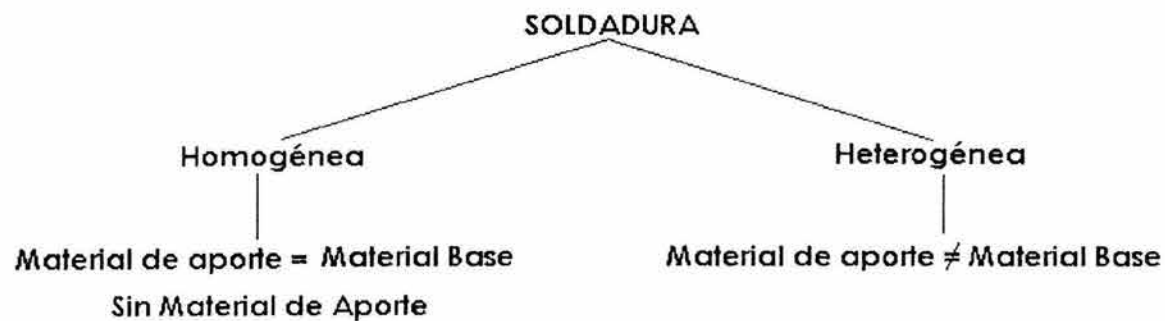
Por simple acción de presiones elevadas, sin el empleo de calor.

Conociendo ya los métodos existentes de soldadura y las formas de efectuar dichos métodos, la unión de dos piezas metálicas puede efectuarse utilizando material de aporte o sin material de aporte. Al agregarse un material de aporte se tendrán dos situaciones:

- Si el material de aporte es igual o semejante a las piezas del material base, se considera una soldadura homogénea.
- Si el material de aporte es una aleación metálica compatible con el metal base, pero de composición totalmente diferente, entonces se tiene una soldadura heterogénea.

En el caso de no utilizar ningún material de aporte siempre se tendrá una soldadura homogénea, dado que no interviene ningún elemento extraño al material base; de tal forma que se puede dividir la soldadura en dos tipos principales como lo muestra el siguiente esquema 1.3.3.

1.3.3 Soldadura Homogénea y Soldadura Heterogénea



Hasta ahora ya tenemos conocimiento de los métodos existentes de soldadura, de la forma de efectuarse y de los dos tipos de soldadura en que se pueden clasificar, pero falta conocer cuales son los métodos utilizados en nuestro país. Para conocerlos tenemos el siguiente cuadro 1.3.4

1.3.4. Procesos de Mayor Aplicación en México

Grupo de procesos de soldadura	Nombre técnico del proceso	Nombre en la industria Mexicana	Símbolo de identificación
Soldadura con arco eléctrico	Arco metálico protegido.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Soldadura eléctrica. ➤ Electrodo revestido. 	SMAW
	Arco metálico y gas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MIG. ➤ De carrete. ➤ Semi-automática. ➤ MAG (CO₂). 	GMAW
	Arco de tungsteno y gas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ TIG ➤ Argón ➤ Tungsteno. 	GTAW
Soldadura con oxi-gas	Oxiacetileno	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Autógena 	OAW
	Soldadura fuerte con soplete	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Latón. ➤ Plata. ➤ Baja temperatura. ➤ Falsa soldadura blanda. ➤ Plomo estaño 	TB TS
Por resistencia eléctrica	Soldadura por puntos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Con punteadora 	RSW

1.4 NORMAS, ESPECIFICACIONES Y CÓDIGOS.

Dentro del ámbito de la soldadura como en cualquier otro proceso de fabricación, reparación y conformación deben existir códigos, normas, y especificaciones que guarden y garanticen en cualquier momento de dicho proceso la seguridad del trabajador y del mismo producto fabricado por soldadura así como la calidad y el servicio que preste el producto terminado.

Como se ha mencionado que tanto las normas como las especificaciones y los códigos siempre van encaminados a garantizar una seguridad y una calidad determinada, pero esto no resulta así de simple como se pudiera pensar, pues en la actualidad y con los avances tecnológicos existen una gran variedad de métodos para la aplicación de la soldadura, a su vez con una exigencia muy variable tanto en la técnica como la destreza del soldador.

Con respecto a los trabajos de soldadura existen normas que especifican a gran detalle las condiciones que se deben satisfacer algunos trabajos; en otras ocasiones los trabajos de soldadura, ya sean grandes o pequeños, solo cuentan con las especificaciones del mismo cliente; otro punto también importante que se debe de mencionar a parte de las normas es la habilidad requerida del soldador que vaya a realizar el trabajo y he aquí la competencia de los soldadores la cual también vienen establecidos en normas, códigos y especificaciones .

NORMAS.

Las normas como se ha venido mencionando son regulaciones enfocadas a la calidad de un producto determinado, que generalmente se basan en la calidad del producto terminado y que a veces suelen necesitar del procedimiento de fabricación, estas normas afectan tanto al producto terminado como a todo lo que esta involucrado dentro del proceso de fabricación, de conformación o de reparación, es decir que afectan a los materiales a utilizar, las pruebas y métodos de ensayos, características de los materiales de aporte en caso de usarlos, así como la influencia del calor utilizado en el proceso de soldadura y otros factores que influyan directamente con el producto y su calidad.

Estas normas pueden ser desarrolladas por los propios fabricantes, pero solo pueden ser aplicables solamente a su propio personal y a sus procesos de fabricación; y así que el grado de exigencia esta relacionado con el tipo de trabajo y las condiciones establecidas por el cliente, por lo que en algunos trabajos pueden aceptarse soldadores de una capacidad regular y en otras ocasiones se incrementará la exigencia en la capacidad del soldador.

Las condiciones ya mencionadas arriba pueden establecerse y basarse en algunos casos gracias a los códigos o normas reconocidas ya sean nacionales o en el ámbito internacional, o especificaciones hechas por las personas que intervienen en la contratación y elaboración del trabajo.

CÓDIGOS.

Los códigos son un conjunto de reglas con relación a materiales, fabricación, inspección, limitaciones y calificación de los soldadores, los cuales están establecidos por organismos reconocidos internacionalmente como:

- Sociedad Americana de Soldadura, AWS (American Welding Society).
- Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos, ASME (American Society of Mechanical Engineers).
- Instituto Americano del Petróleo, API (American Petroleum Institute).
- Instituto Americano de Normalización, ANSI (American National Standards Institute).
- Instituto Americano del Hierro y del Acero, AISI (American Institute of the Steel and of the Iron)
- Sociedad Americana para las Pruebas de los Materiales, ASTM (American Society for the Tests of the Materials).

Estos códigos abarcan campos de aplicación específicos, por ejemplo, tuberías, calderas, recipientes a presión, aviación, fabricación aeroespacial, resistencia y propiedades físicas de los materiales, etc. Los códigos con toda la información que aportan a la fabricación, conformación y mantenimiento de diferentes productos, han alcanzado la categoría de leyes que regulan el aspecto de la seguridad y como objetivo principal una homologación en las características, propiedades de los materiales y procedimientos de fabricación.

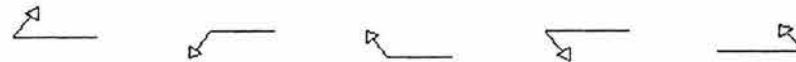
ESPECIFICACIONES.

Las especificaciones en sí son descripciones de los procedimientos a seguir para la fabricación; algunas incluyen instrucciones para los procedimientos de mantenimiento y reparación con soldadura, métodos de pruebas, etc. Normalmente suelen estar en los planos de producción o en hojas adjuntas a los mismos como detalles de fabricación como se muestran a continuación; estas especificaciones deben estar fundamentadas en las normas o códigos ya establecidos en función de una calidad requerida o determinada para un producto en especial; también son conocidas como simbología.

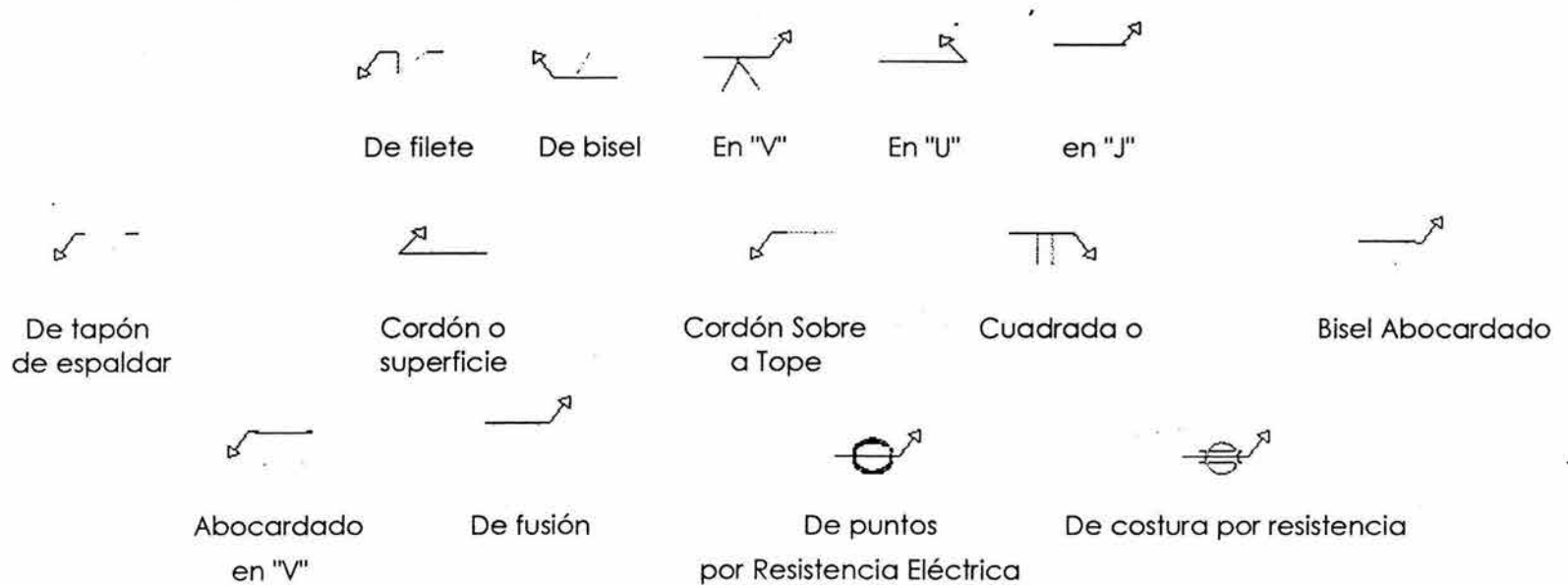
Simbología 1

El símbolo de Soldadura empieza con una línea horizontal llamada de referencia. Los símbolos utilizados sobre la línea o debajo de esta deben llevar siempre la misma orientación, independientemente de la localización de la flecha.

El siguiente símbolo es la flecha la cual puede ser usada en cualquiera de los dos extremos o en ambos y hacia arriba o hacia abajo

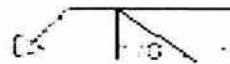


En Seguida esta el símbolo del tipo de soldadura. Cuando se coloca debajo de la línea de referencia indica que la soldadura va en el lado de la flecha o lado cercano de la unión y cuando se coloca sobre la línea de referencia la soldadura va en el otro lado de la unión.

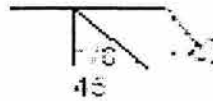


Simbología 2

El Tamaño de la soldadura cuando se usa soldadura de ranura indica la profundidad del chaflán cuando no se usan paréntesis la dimensión anotada indica la penetración al fondo de la ranura. La abertura de la raíz en soldaduras de ranura se indica dentro del símbolo.



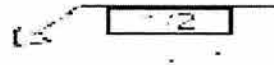
El Angulo de la soldadura de bisel y en "V" se indica debajo de la dimensión de la raíz.



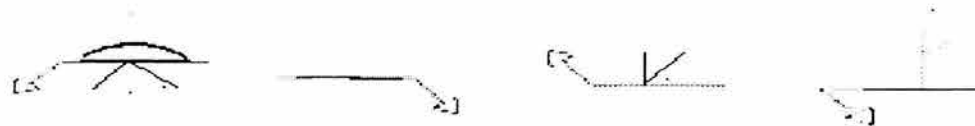
En Soldadura de tapón el espaciado se indica a la derecha del símbolo y el tamaño se indica a la izquierda.



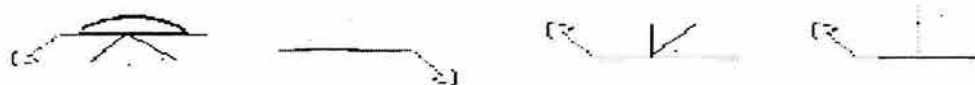
A menos que se especifique otra cosa la profundidad de llenado en soldaduras de ranura o de tapón debe ser completa. Cuando la profundidad, es menor que la ranura se indica dentro del símbolo.



El espaldado o soldadura de espaldar se usa para indicar el cordón que va del otro lado en soldaduras de ranura sencilla.



El símbolo de soldadura de fusión solo se usa cuando se requiera una penetración completa en soldaduras aplicadas en un solo lado y es indicado del otro lado de la soldadura de ranura.



1.5 HOMOLOGACIÓN PARA SOLDADORES.

Así como para los materiales y procedimientos de fabricación existen códigos, normas y especificaciones para llegar a un mismo punto que es la homologación de conocimientos en diferentes ámbitos, a ese mismo punto debemos llegar pero con los soldadores, pero en realidad no existen normas que permitan homologar a un soldador para cualquier tipo de trabajo, cada campo de trabajo establece sus propios requerimientos para determinar la homologación, aunque los soldadores deben pasar una serie de pruebas y éstas varían según el tipo de trabajo, pero en general suelen exigir lagunas de las siguientes pruebas que se muestran en el esquema 1.5.1[®]

Esquema 1.5.1

**Ensayo de tracción
para determinar la
resistencia de la
soldadura.**



**Ensayo sobre la soldadura en ángulo,
para comprobar fusión de bordes y
contorno del cordón.**

Ensayo de plegado.

**Radiografía o pruebas similares,
para detectar porosidades, fisuras,
inclusiones de escoria y falta de
penetración.**

[®] Fotos Cortesía Proceso y Montaje S.A. de C.V.

Los ensayos se pueden realizar sobre soldaduras obtenidas en una o más posiciones ya sea horizontal, vertical, cornisa, techo, etc., este tipo de exámenes de homologación se realizan sobre probetas del mismo material que soldadas, se someten a los ensayos destructivos o no destructivos. Al soldador se le considera apto si los resultados que se hayan obtenido en las diferentes pruebas satisfacen las exigencias de calidad establecidas.

Normalmente los fabricantes tienen sus propios programas de calificación de soldadores, así como una persona responsable que hace las veces de agente calificador, esta persona es la encargada de proponer las pruebas al soldador para cierto tipo de fabricación, si los resultados del soldador son satisfactorios, la compañía que lo ha examinado homologa al soldador y le reconoce su capacidad para realizar determinado trabajo.

Teniendo en cuenta que cada empresa o compañía examina a cada uno de sus soldadores para homologarlos, se puede pensar que existe una agencia de inspección y solicitar una homologación permanente, pero como ya se mencionó anteriormente que no existe una norma que establezca los requisitos para otorgar una homologación, ya que ésta la realiza el fabricante para satisfacer sus exigencias.

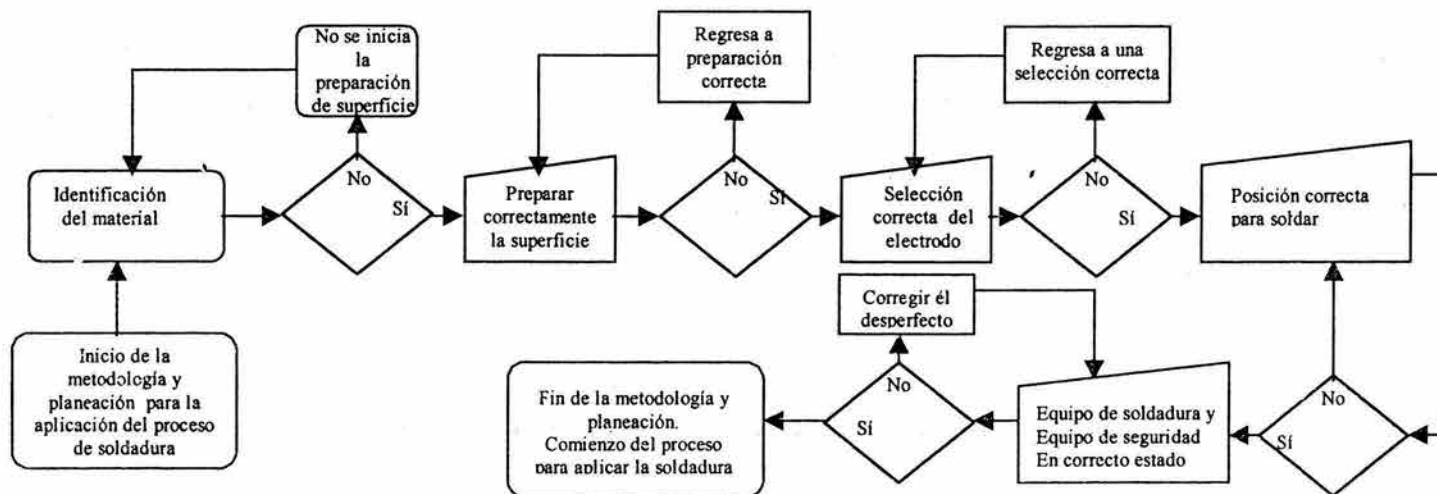
CAPITULO II

METODOLOGÍA Y PLANEACIÓN PARA EL PROCESO DE SOLDADURA.

CAPITULO II

METODOLOGÍA Y PLANIFICACIÓN PARA INICIAR UN PROCESO DE SOLDADURA

Para comenzar a aplicar cualquier método ó proceso de soldadura es necesario tener en cuenta algunos factores que están involucrados directamente en el éxito o fracaso del proceso por lo que es necesario recordarlos siempre; estos factores son: la identificación del material base, la preparación de superficies ó del material base, la selección correcta del electrodo, un buen equipo de trabajo, habilidad del operario para soldar, una posición correcta para soldar y por ultimo un equipo de seguridad.

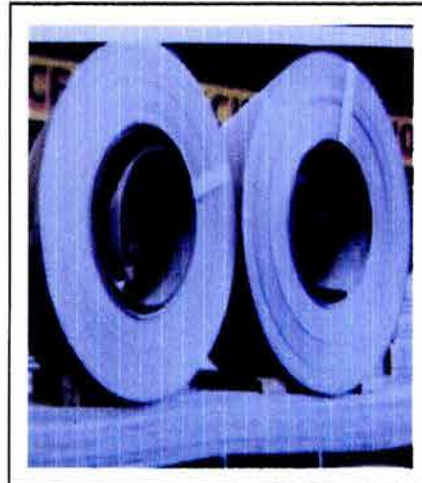


Con estos siete factores podemos decir que nuestro método de soldadura tendrá un resultado exitoso, porque estos factores están íntimamente relacionados entre sí, porque un método de soldadura no es exitoso solamente si se aplica correctamente la soldadura, si elegimos bien un electrodo, si las superficies están bien preparadas, esto no es todo, si no que también esta involucrada la seguridad del soldador y del mismo proceso por lo que debemos cuidar todos los detalles involucrados en un método de soldadura, tanto las acciones como las condiciones inseguras.



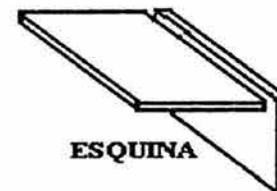
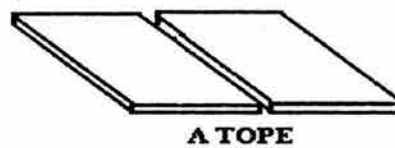
2.1 IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL BASE.

Para llevar a cabo un buen proceso de soldadura es necesario identificar el material a soldar y así poder elegir el electrodo correcto, ya que existe una gran variedad de materiales para diferentes usos y aplicaciones, la identificación de dicho material es importante porque se deben conocer las características de ese material como su composición para así saber cuanto calor se debe aplicar y prevenir las deformaciones que el proceso de soldadura provoca. Un ejemplo puede ser las dilataciones y contracciones experimentadas por el material durante el proceso de soldadura, las cuales dan lugar a las tensiones que algunas veces se traducen en grandes problemas. Para obtener una mejor información sobre las características y componentes de los materiales existen manuales a los que se pueden recurrir como el manual de AHMSA (Altos Hornos de México S.A.) e incluso se puede pedir esta información al mismo proveedor del material.

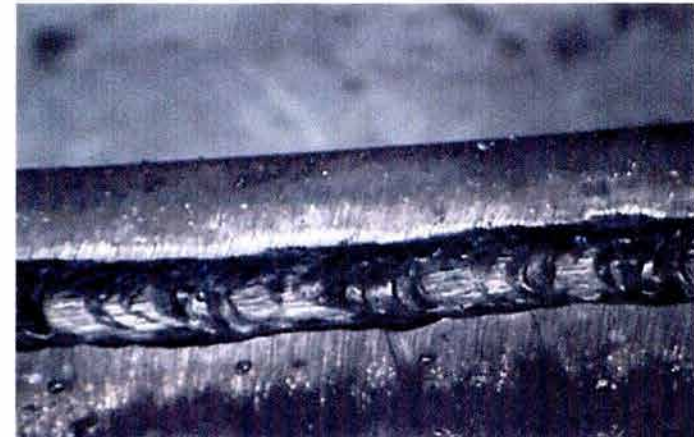
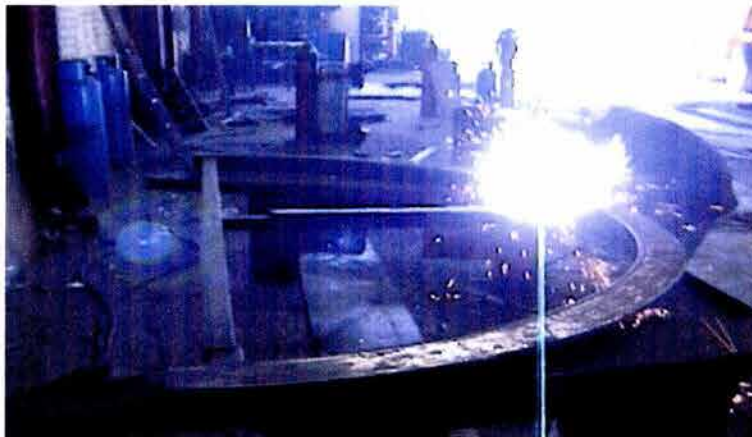


2.2 PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS DE TRABAJO.

La preparación correcta de las superficies de los materiales base es indispensable para una unión soldada impecable, la preparación debe hacerse según la clase de costura o soldadura y el espesor del material base. Son tres los tipos básicos de unión por ejemplo: unión a tope, a solape y esquinado; y de estos se derivan otros tipos de unión para la preparación, los cuales son utilizados en soldadura y son:



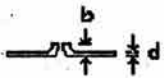
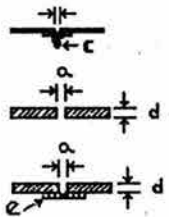
Para la preparación de las superficies los bordes de los metales base deben ser desbastados con mucho cuidado, ya que la experiencia en la fabricación y montaje de equipos donde se requiere de un proceso de soldadura, ha enseñado que una preparación superficial errónea de la pieza de trabajo llega a ser de fatales consecuencias como lo son las fracturas o fisuras de la soldadura; una buena preparación de los bordes del material base es medio camino hacia un proceso de soldadura exitoso. En la preparación de los materiales base se persigue dos objetivos; el primero, una buena soldadura penetrante; esto es que abarque toda la sección, es decir todo el espesor del material; el segundo objetivo es una unión lo más exenta posible de tensiones y de mayor seguridad. Estas preparaciones pueden realizarse mediante esmeriladoras, biseladoras y mediante el sistema de arco aire; que es el más recomendado ya que deja una superficie libre de impurezas.®

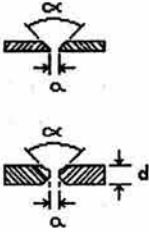
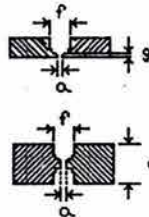
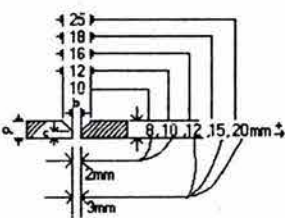


Fotografías del Sistema Arco-Aire

® Fotos cortesía Proceso y Montaje S.A. de C.V.

Todas las uniones para la preparación de superficies se distinguen de entre si mismas partiendo de un factor que ya se ha mencionado anteriormente que es el aumento del espesor del material base, algunas uniones pueden ser por ejemplo: costura rebordeada, costura en (J), costura en (V), costura en (X), costura en (U) y doble (U) a continuación se muestra una tabla con los tipos de unión más empleadas en soldadura y su aplicación.

Tipo de unión	Nombre.	Aplicación.
	Unión rebordeada	Se emplea en planchas delgadas con $d=2\text{mm}$, cuidando de que b siempre sea lo más pequeña posible para obtener una buena soldadura penetrante.
	Unión tipo I	Estas se emplean para planchas de 2 a 4mm de espesor y hasta 8mm cuando se suelda por ambas caras, en el supuesto de ser accesible; la distancia (a) entre los bordes es de 0.5mm a 3mm, tomando en cuenta el tipo de electrodo; como es difícil soldar planchas muy delgadas se recomienda siempre que sea posible el uso de un apoyo (c) o un soporte ranurado de cobre (e), el cual dará en la cara posterior de la soldadura un aspecto limpio y mejor.

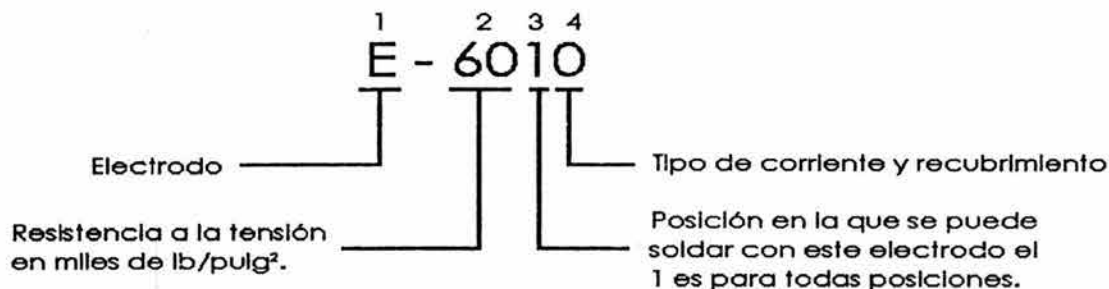
Tipo de soldadura	Nombre.	Aplicación.
	<p>Unión en V</p> <p>Unión en X</p>	<p>Se utilizan para planchas cuyo espesor sea superior a 4mm; estas necesitan durante el proceso de soldadura abarcar toda la sección de la unión, el achaflanado de los bordes de la plancha y la separación de la junta para garantizar una buena penetración de la soldadura; la distancia (a) es de 1.5 a 3mm dependiendo del electrodo y del espesor de la plancha, la unión más empleada es la unión (V), que en general se sustituye por la unión en (X) cuando las planchas tienen un espesor de 15mm y cuando las condiciones permiten efectuar la soldadura por los dos lados. El ángulo alfa (α)</p>
	<p>Unión en U</p> <p>Unión doble U</p>	<p>Estas se emplean de igual forma que las uniones en (V) y en (X), solo son aplicables cuando la unión en (X) no es posible, la distancia (f) va desde 1/3 a 1/2 del espesor de la plancha (d), (g) entre 3 y 6mm según el diámetro del electrodo; los mismos criterios que determinan la sustitución de la unión (V) por la (X), son aplicables para la unión doble (U), que como la unión (U) se emplea muy rara vez en la actualidad.</p>
	<p>Intersticio.</p>	<p>Por regla, en las uniones a tope, de cualquier clase que sean, los cantos de la plancha no quedan tocándose mutuamente, sino que se deja un espacio entre ellos llamado intersticio indicado en (b), este depende directamente de la situación de la soldadura, del espesor del material indicado en (a) y de la clase de electrodo; las relaciones entre el espesor de plancha (a) de una costura en (V), las aberturas y los anchos de intersticio (b), están indicados en la figura, (c) es el canto sin achaflanar que va desde 1 a 3mm.</p>

2.3 SELECCIÓN DEL ELECTRODO.

El siguiente paso para nuestro proceso de soldadura es la selección del electrodo que se facilita cuando ya sabemos en que material vamos a trabajar y así podemos elegir el electrodo correcto, como ya sabemos, que existe una gran variedad de materiales así también existe una gran variedad de electrodos para cada tipo de material. También es importante saber reconocer los electrodos a utilizar, estos tienen un código de clasificación por la A.W.S. (Sociedad Americana de Soldadura), que consta de 4 a 5 dígitos los cuales varían de acuerdo al tipo de electrodo, de alambre o de micro alambre.

Clasificación de Electrodos Revestidos Según la A.W.S. para el Proceso SMAW.

Dígitos de Identificación



El electrodo ideal es aquel que suministra una buena estabilidad de arco, un cordón de soldadura liso y bien presentado, una buena velocidad de depósito, escasez de proyecciones, máxima resistencia y fácil eliminación de escoria. Para una buena y correcta elección de los electrodos hay que considerar, no solo su calidad, si no también las propiedades de la pieza de trabajo, es decir que material vamos a soldar, la clase de corriente, la posición, el espesor y forma de la costura.

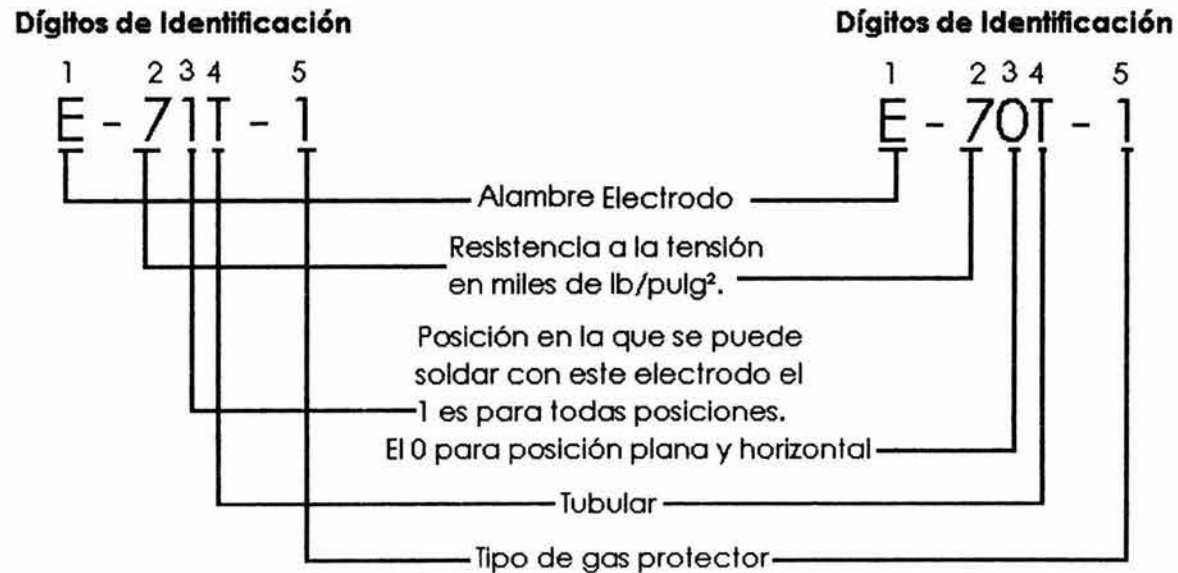
**Clasificación de Electrodos Revestidos Según la A.W.S. para el Proceso SMAW.
Para electrodos de baja aleación**

Dígitos de Identificación



Algunas o en muchas ocasiones la destreza y los conocimientos prácticos del soldador son de mayor valor que las consideraciones teóricas; pero algo muy importante que hay que considerar; es que generalmente el operario tiende acostumbrarse a trabajar con un determinado tipo de electrodo y puede ejecutar el trabajo con la debida seguridad y maestría.

Clasificación de Alambre Electrodo Según la A.W.S. para el Proceso GMAW (Soldadura con Electrodo Metálico Protegido por Gas)

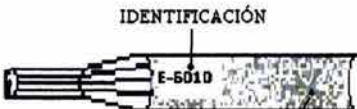



Al aumentar las condiciones que exigen los trabajos de soldadura disminuyen relativamente la variedad de electrodos a elegir; de tal forma que la elección del electrodo puede efectuarse con mayor seguridad. Así que es necesario analizar las condiciones de trabajo en particular y luego determinar el tipo y diámetro de electrodo que más se adapte a dichas condiciones de trabajo.

La selección de un electrodo es más simple de lo que se pudiera pensar; siempre y cuando las personas involucradas en el proceso de soldadura tengan en cuenta los siguientes puntos:

1. Propiedades del material a soldar (identificación).
2. Dimensiones del material base (espesor y longitud).
3. Posición en la que se va ó se puede soldar.
4. Tipo de unión (preparación de superficie).
5. Facilidad de fijación de la pieza (estabilidad de la pieza).
6. Especificación o norma especial para el proceso de soldadura.
7. Si se requiere alguna característica especial del depósito.
8. Conocer el equipo con el que se va trabajar (Máq. de soldar).
9. Tipo de corriente que entrega el equipo.
10. Contar con un buen equipo de protección.

Como se ha mencionado anteriormente que los electrodos para su identificación constan de 4 a 5 dígitos los cuales varían de acuerdo al tipo de electrodo y también de acuerdo al fabricante; pero por regla deben tener la clasificación de la A.W.S. (Sociedad Americana de Soldadura) en la tabla que se muestra a continuación se explica cada uno de los dígitos.

 	<ul style="list-style-type: none">➤ El primer dígito es general para cualquier electrodo y nos indica el tipo de electrodo que generalmente se denomina con una (E).➤ El segundo dígito también es general para cualquier electrodo y nos indica la resistencia a la tensión en libras sobre pulgadas cuadradas (lb/pulg²), este dígito cambia de acuerdo a la resistencia de cada electrodo, por ejemplo un electrodo con una clasificación E-6010, nos indica que el electrodo soporta una resistencia a la tensión máxima de 60,000 (lb/pulg²).➤ El tercer dígito es general para cualquier tipo de electrodo y nos indica la posición para soldar y para la que es apto o esta limitado el electrodo.➤ El cuarto dígito para electrodos de tipo revestido y revestido de baja aleación nos indica el tipo de recubrimiento y el tipo de corriente para ese electrodo, para los electrodos de alambre protegidos con gas nos indica el tipo de electrodo, por ejemplo, un alambre electrodo clasificado E-71T-4, nos indica que (T) es un alambre electrodo hueco con fundente dentro.➤ El quinto dígito para electrodos revestidos de baja aleación nos indica la composición estándar del depósito, para alambre electrodo este dígito nos indica el tipo de gas de protección, si el alambre electrodo esta clasificado como E-71T-4, el cuatro nos indica una mezcla de gas entre CO₂ y Ar. (Dióxido de carbono y argón).
---	---

2.3.1 CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS

Las especificaciones sobre productos de soldadura que más se emplean en nuestro país son las que emite la Sociedad Americana de Soldadura (**American Welding Society, AWS**) pero para casi todos estos productos también existen las **Normas Oficiales Mexicanas** correspondientes.

Estas normas establecen los requisitos para la clasificación de varillas, electrodos y metales de aporte empleados en soldadura.

Las especificaciones electrodos para el proceso de soldadura por arco metálico recubierto son las siguientes:

Para Acero al carbono:

AWS A 5.1-81. "Specification for carbon steel Covered Arc Welding Electrodes"

NOM-H-77-1983. "Electrodos de acero al carbono recubiertos, para soldadura por arco eléctrico".

Para Acero de baja aleación.

AWA A 5.5-81. "Specification for Low Alloy Steel Covered Arc Welding Electrodes".

NOM-H-86-1983. "Electrodos de baja aleación, recubiertos, para soldadura por arco eléctrico".

Los electrodos se clasifican en base a las propiedades mecánicas del metal depositado, tipo de recubrimiento, posiciones en las que se puede emplear el electrodo y tipo de corriente y polaridad a emplear.

ELECTRODOS PARA "SOLIDIFICACIÓN RÁPIDA"

Son aquellos diseñados para depositar metal de soldadura que solidifique rápidamente después de haber sido fundido por el arco. Estos electrodos sirven para soldar en posiciones vertical y sobre cabeza (además de la plana y la horizontal) Electroodos pertenecientes a esta clasificación: **E-6010, E-6011, E 7010-A1, E-7010 G.**

Características principales:

- ✓ Alta penetración.
- ✓ Son de "bajo depósito".
- ✓ Dejan poca escoria.
- ✓ Producen mucho chisporroteo
- ✓ Se utilizan con corriente relativamente baja.

Aplicaciones principales:

- ✓ Propósitos generales de fabricación y mantenimiento
- ✓ Para posiciones vertical y sobre-cabeza
- ✓ Soldadura en tuberías.
- ✓ Soldadura sobre superficies galvanizadas o no muy limpias.
- ✓ Uniones que requieren alta penetración.
- ✓ Soldadura de láminas delgadas en juntas de borde, esquina y a tope.

ELECTRODOS PARA "LLENADO RÁPIDO"

Estos electrodos están diseñados para proporcionar cantidades relativamente altas de metal fundido y son adecuados para realizar soldaduras de "alta velocidad". El metal de soldadura solidifica con relativa lentitud y por esta razón, estos electrodos no son adecuados para realizar soldaduras fuera de posición.

Electrodos pertenecientes a esta clasificación: **E-7024, E-6027, E-7020-A1.**

Características principales:

- ✓ Poca penetración
- ✓ Proporcionan "alto depósito"
- ✓ Permiten velocidades de soldadura relativamente elevadas.
- ✓ Producen mucha escoria.
- ✓ Producen muy poco chisporroteo.

Aplicaciones principales:

- ✓ Soldadura de planchas de 5 mm. (3/16") o mayor espesor.
- ✓ Soldaduras de filete en posiciones horizontal y plana y soldaduras de ranura profunda en uniones a tope.
- ✓ Soldaduras de acero de mediano contenido de carbono y con tendencia al agrietamiento (cuando no se dispone de electrodos de bajo hidrógeno).

ELECTRODOS PARA "LLENADO-SOLIDIFICACIÓN"

Estos electrodos están diseñados para proporcionar características intermedias entre los electrodos para solidificación y llenado y proporcionar así relaciones de depósito y penetración "medianas".

Electrodos pertenecientes a esta clasificación: **E-6012, E-6013, E-6014.**

Características principales:

- ✓ De penetración y llenado medianos.
- ✓ Producen cantidades medianas de chisporroteo y escoria.
- ✓ Principales aplicaciones:
- ✓ Soldaduras de filete en posición vertical descendente.
- ✓ Propósitos generales.
- ✓ Soldaduras cortas o irregulares que cambian de posición o dirección durante la aplicación.
- ✓ Soldaduras de filete en láminas delgadas.

ELECTRODOS DE BAJO HIDROGENO.

Estos electrodos están diseñados para producir soldaduras de alta calidad en aplicaciones en las cuales el metal base tiene tendencia al agrietamiento, los espesores a soldar son relativamente grandes (mayores a 19 mm.) o cuando el metal base tiene un contenido de aleantes ligeramente mayor al de los aceros dulces:

Los electrodos de bajo hidrógeno están disponibles ya sea con las características de llenado rápido o solidificación rápida.

Electrodos pertenecientes a esta clasificación: **E-7018 y E-7028.**

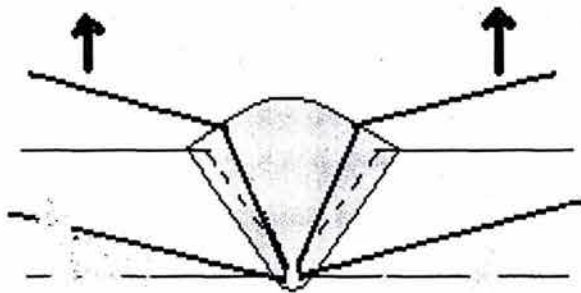
SOPLADO MAGNÉTICO.

Este es un tipo de defecto que se produce por la reacción magnética de la corriente de soldadura; también es producido por la corriente de gases calientes pero en pequeña escala. El soplado tiende a dirigirse en sentido contrario a la conexión; por lo que se debe poner la conexión de lado derecho para tener menos perturbaciones por el soplo y soldar de izquierda a derecha; es decir que los dos polos positivo y negativo tiendan a acercarse y no a alejarse.

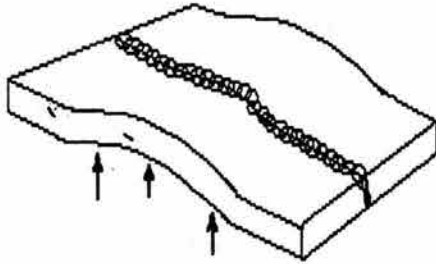
El soplado también se dirige en sentido contrario a la inclinación del electrodo, soldando de izquierda a derecha, los dos factores obran en sentido favorable; ya que el soplado se puede aumentar o disminuir dándole más o menos inclinación al electrodo, pero esto en muchas ocasiones perjudica al cordón de soldadura; porque si no se controla pueden presentar muchas salpicaduras, esto depende de la habilidad del soldador.

2.3.2 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DEL ELECTRODO.

En la práctica de los procesos de soldadura se ha establecido una regla general para la elección del diámetro del electrodo, nunca deben usarse electrodos de diámetro mayor al espesor del material a soldar; algunos de los soldadores les gusta trabajar con electrodos de diámetros grandes y los prefieren así ya que estos les permiten conseguir mayores depósitos sin interrupción lo que a su vez está relacionado con la velocidad para soldar, pero el uso de estos electrodos de diámetros mayores exige una gran destreza para el soldador.

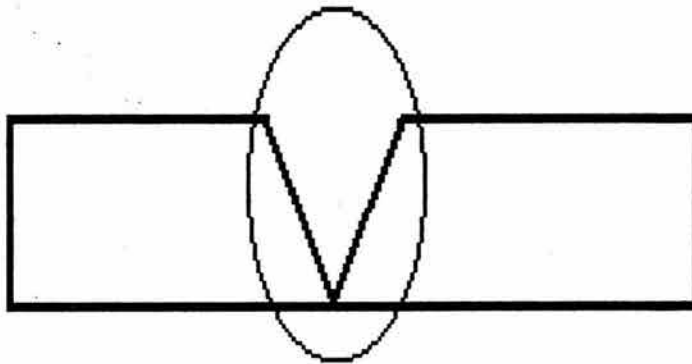


Sin embargo estos electrodos se pudieran recomendar desde el punto de vista económico ya que permitirían realizar un trabajo en menos tiempo que con otro electrodo del mismo tipo pero de diámetro inferior, pero el uso de electrodos de diámetros grandes no son la solución para un avance rápido para el proceso de soldadura ya que estos electrodos implican otros factores como lo son: mayores intensidades de corriente y mayor temperatura en la zona de trabajo; ya que estos factores serían contra productivos, es decir provocarían deformaciones, grandes concentraciones de esfuerzos y afectaría a la economía del proceso de soldadura; esto no quiere decir que no es recomendable emplear electrodos de grandes diámetros si no que se deben emplear en situaciones que ameriten el uso de estos electrodos, es decir que sea compatible con el trabajo a realizar.

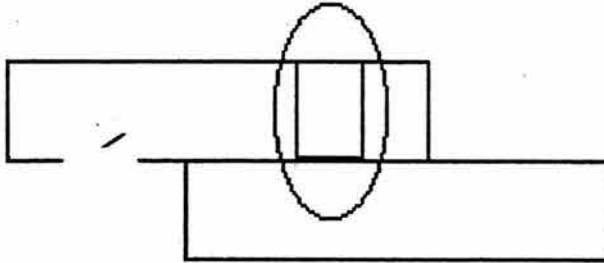


Si se llega a soldar en la posición vertical o en techo, independientemente del espesor de las piezas a soldar, el diámetro mayor recomendable es el de 5/32"; ya que los diámetros grandes hacen muy difícil el control del arco y el control del material de depósito. El diámetro de los electrodos esta directamente relacionada también con el tipo de preparación de las superficies, es decir del material base; por ejemplo para las uniones a tope y las uniones en "V" algo estrechas, se deben emplear electrodos de diámetro pequeño y que tengan gran

facilidad de penetración hasta el fondo de la unión y para las pasadas sucesivas se deberán hacer con electrodos de diámetro mayor.



Como ya hemos mencionado que un factor para la selección del diámetro del electrodo es el espesor del material base; por ejemplo si se trabaja con un material base de 3/8" de espesor, el diámetro del electrodo ha utilizar será de 1/8" de \emptyset y hasta 5/32" de \emptyset dependiendo del tipo de unión que se haya escogido, cuando se trabajará con dos espesores diferentes se tomará en cuenta para la selección del electrodo el material base de menor espesor independientemente del tipo de unión.



Otro factor importante para la selección de los electrodos es la corriente de soldadura ya que en la industria de la soldadura se fabrican electrodos que sólo funcionan en corriente continua y una polaridad determinada; otros funcionan con corriente alterna y otros funcionan bien en corriente continua y en corriente alterna. En la industria de la soldadura los diámetros más usuales son: 3/32" (el más pequeño), 1/8", 5/32", 3/16 y hasta 1/4" el más grande hablando de electrodos revestidos; pero para los diámetros más usuales de micro alambres sólidos y de alambres tubulares van desde 0.030" el más pequeño, 0.035", 0.045", y hasta 1/16" el más grande.

Finalmente después de analizar los factores mencionados para la selección de electrodos el operario ó las personas relacionadas con el proceso de soldadura no tendrán dificultad para seleccionar el electrodo correcto; para recordar los factores empleados para la selección del electrodo se tiene la siguiente tabla:

Factores para la selección del electrodo.

- ✓ No utilizar electros de diámetro mayor que el material base.
- ✓ En espesores delgados o medios, seleccionar un electrodo con el diámetro aproximado al espesor del material base
- ✓ Cuando se suelda en vertical o sobre cabeza utilizar diámetros de 1/8" y 5/32".
- ✓ Identificar que tipo de preparación tiene el material base.
- ✓ Si se trabaja con dos espesores diferentes seleccionar en base al de menor espesor.
- ✓ Que tipo de corriente entrega nuestro equipo de soldar; continua o alterna.
- ✓ Identificar con el código del electrodo con que corriente trabaja este.
- ✓ Cuando se suelda con electrodos de corriente continua se debe tener en cuenta la polaridad que se debe emplear.
- ✓ Los electrodos deben usarse hasta que quede una colilla de 5cm; si es posible hasta 3cm para no dañar el porta electrodo.
- ✓ Los electrodos deben ser almacenados en lugares secos y en hornos para su mejor eficiencia.

2.4 EQUIPO DE TRABAJO.

Para nuestro proceso ó método de soldadura es necesario saber y conocer el equipo de trabajo para soldadura para esto es necesario saber que proceso vamos aplicar y así conocer nuestro equipo, para el contenido de este manual solo se tratarán los proceso por arco eléctrico como lo son el proceso de soldadura por arco eléctrico manual con electrodo revestido (SMAW), proceso de soldadura al arco con electrodo metálico consumible protegido por gas inerte (MIG), soldadura al arco con electrodo metálico consumible protegido por gas activo (MAG), soldadura al arco con electrodo de tungsteno protegido por gas inerte (TIG) y el sistema de alta deposición por arco sumergido (SAW).

Para el suministro de la corriente a nuestros procesos de soldadura se pueden utilizar varios dispositivos como son:

1. Los transformadores
2. Los rectificadores.
3. Convertidores y
4. Electrógenos


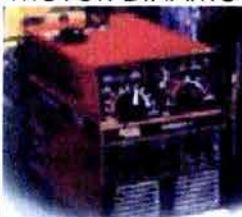

Los transformadores, los rectificadores y los convertidores son alimentados con energía eléctrica, conectándolos a cualquier línea de alimentación y los últimos que son los electrógenos los cuales son accionados por motores de gasolina o diesel; estos equipo se utilizan donde no existe la facilidad de un suministro de energía eléctrica, como lo son los trabajos de campo donde en algunas ocasiones todavía no hay energía eléctrica.



"La capacidad de dichos generadores de soldadura se determina por la intensidad máxima que puede suministrar, existen generadores de 150,200,250,300,400,500 o 600 amperios; la capacidad también está relacionada con el tipo de trabajo que se realizará al soldar, la siguiente tabla da algunas orientaciones generales sobre este punto" ⁸.

Capacidad en Amperios	Aplicación.
150-200	Para trabajos ligeros y medios. Excelente para muchos trabajos de fabricación y suficientemente resistente para su utilización continua en trabajos de producción ligera.
250-300	Estos generadores son aptos para la mayoría de los requerimientos de soldadura. Utilizados en producción, mantenimiento, reparación y todo tipo de trabajo de un taller de soldadura.
400-600	Gran capacidad para pesados trabajos de soldadura y con un amplio campo de aplicaciones. Se emplea ampliamente en la construcción de estructuras pesadas, fabricación de grandes piezas de maquinaria pesada, grandes tuberías y depósitos.

Los generadores para los procesos de soldadura por arco eléctrico se clasifican en dos grupos: generadores de potencial constante y generadores de intensidad constante. Los generadores de intensidad constante son los que empleamos para el proceso de soldadura por arco con electrodo revestido, y los generadores de potencial constante son los que empleamos en los procesos MIG y TIG.




⁸ weeks, William. Técnica y Práctica de la Soldadura. Editorial Reverté, S.A. España, 2000. pag.59-61




EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
	<p>Es un generador que suministra corriente alterna, se puede considerar como el generador más barato, se alimenta directamente de una red de alimentación eléctrica y transforma el voltaje reduciéndolo hasta el valor adecuado a soldar; otra característica de los generadores de corriente alterna es su bajo costo de operación y mantenimiento, su elevado rendimiento eléctrico y su funcionamiento sin ruidos, no provoca desviaciones de arco ni soplado magnético. El ajuste de la intensidad de la corriente se puede ajustar cambiando el cable porta-electrodo en distintos alojamientos sobre una placa del generador (si el generador cuenta con ello) o mediante el accionamiento de una manivela o volante.</p>
<p>CONVERTIDORES o MOTOR-DÍNAMO</p> 	<p>Estos generadores también reciben el nombre de convertidores cuando el motor de accionamiento es eléctrico, estos generadores están diseñados para suministrar corriente continua que en la soldadura puede utilizarse con polaridad directa o inversa, esta polaridad depende como ya sabemos del tipo de electrodo a utilizar y del material base. En la actualidad existen aparatos que están dotados de un selector de polaridad, sin la necesidad de cambiar los cables de posición. Estos generadores van dotados de un sistema de regulación, que generalmente es un reóstato, permite realizar el ajuste fino de la intensidad de corriente y por tanto, de la aportación de calor.</p>
<p>RECTIFICADORES</p> 	<p>Estos generadores están constituidos por transformadores que van provistos de un dispositivo eléctrico que convierte la corriente alterna en continua, algunos están provistos de un conmutador que al accionarlo conecta las terminales de salida del generador a la salida del transformador o a la salida del rectificador, esto permite obtener corriente alterna o continua con una u otra polaridad, el transformador rectificador suele tener un mejor rendimiento eléctrico que el convertidor.</p>

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
<p data-bbox="425 320 631 412">GENERADORES PARA PROCESO TIG</p> 	<p data-bbox="676 355 1784 652">Para el proceso TIG pueden utilizarse cualquier equipo de corriente continua o corriente alterna, procurando que el equipo permita un buen control de la corriente, estos es de vital importancia para conseguir una buena estabilidad de arco lo que es fundamental para trabajos de soldadura en espesores finos; para los equipos de corriente alterna se debe equipar con un generador de alta frecuencia si no cuenta con ella. También se pueden encontrar generadores diseñados especialmente para el proceso TIG, que están equipados con todos los accesorios necesarios para este proceso; la mayor parte de estos equipos pueden suministrar tanto corriente alterna como corriente continua.</p>
<p data-bbox="425 683 631 776">GENERADORES PARA PROCESO MIG</p> 	<p data-bbox="676 719 1784 1079">Los generadores más adecuados para el proceso MIG son los equipos de corriente continua, la corriente continua con polaridad inversa mejora la fusión del hilo, aumenta el poder de penetración, presenta una excelente acción de limpieza y es la que permite obtener mejores resultados. Pero como ya se mencionó anteriormente que para este tipo de procesos lo equipos recomendados son los generadores de potencial constante que suministran la intensidad adecuada a la velocidad de alimentación que se establezca; si la velocidad de alimentación aumenta o disminuye, la intensidad varía en el mismo sentido; de tal forma que la longitud de arco se mantenga constante. Gracias a esta propiedad de autorregulación, no se necesita un soldador de gran habilidad para obtener buenas soldaduras.</p>

2.4.1 ACCESORIOS.

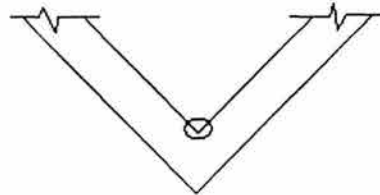
Para realizar un buen trabajo de soldadura es necesario emplear otros accesorios como los mostrados en la siguiente tabla.

ACCESORIOS	DESCRIPCIÓN
	<p>La pinza porta electrodos que deben estar bien diseñados con una ergonomía adecuada para su fácil manejo; este porta electrodo es una de las herramientas fundamentales para el proceso de soldadura con electrodo revestido ya que sujeta al electrodo y esta conectado por medio de un cable a la salida del generador o máquina de soldar. Existen diferentes tamaños y formas, esto depende de cada fabricante. Para que un porta electrodo sea bueno debe ser razonablemente ligero para reducir la fatiga, tener buena resistencia al calentamiento, permitir con gran facilidad la colocación y la eliminación del electrodo.</p>
	<p>El porta electrodo o antorcha para el proceso TIG tiene el cometido de conducir la corriente y el gas de protección hasta la zona de soldadura; estas pueden ser de refrigeración natural, es decir por aire, o por refrigeración forzada que es mediante la circulación de agua. Las antorchas de ventilación natural se recomiendan para trabajos de soldadura en placas delgadas y las de refrigeración por agua, se recomiendan para trabajos más pesados donde la intensidad de corriente es mayor. Estas antorchas tienen un sujetador para el electrodo de tungsteno, que cada antorcha contiene un juego de pinzas de diferentes diámetros que permiten la sujeción de electrodos de diferentes diámetros.</p>
	<p>El portaelectrodo o antorcha para el proceso MIG tiene la misma función que la antorcha para TIG; solo que estas, tienen que trasladar o alimentar el alambre electrodo, al usar el Argón como gas protector solo pueden soportar intensidades de hasta 200A; por otra parte cuando se utiliza CO₂ (dióxido de carbono) pueden soportar mayores intensidades de hasta 300A; este es una variante del proceso MIG; que cuando se utiliza CO₂ se le denomina proceso MAG, algunas pistolas llevan incorporado un sistema de tracción constituido por unos rodillos, que tiran el hilo electrodo, ayudando así al sistema de alimentación que esta incorporado en la pistola que se acciona por medio de un gatillo.</p>

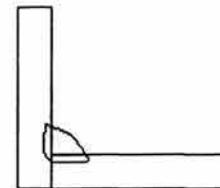
ACCESORIO	DESCRIPCIÓN
	<p>Al termino de la aplicación de la soldadura siempre es necesario que la soldadura quede limpia de toda sustancia que provoquen la oxidación e incluso el oxido ya formado, también es necesario que la soldadura este limpia cuando se efectúa una aplicación de varias pasadas; y la forma de hacerlo es mediante un cepillo de alambre y una piqueta para quitar la escoria protectora de la soldadura, en caso de no contar con estas herramientas de limpieza se puede hacer con un martillo y un cincel para la eliminación de la escoria. De tal forma que sino se tiene una limpieza correcta para la aplicación de la soldadura de varias pasadas, en esta pueden producirse inclusiones y porosidades que repercuten en las características del cordón.</p>
	<p>Conexión del cable de tierra; este es el cable que sale del generador al material base; esto depende de la polaridad empleada; esta se puede realizar de una manera segura y eficiente mediante el uso de tenazas de sujeción, que son parecidas a los porta electrodos que están recubiertos o son de una fibra mineral que es resistente al calentamiento y retardante al fuego.</p>
	<p>Hay otros elementos que intervienen en los procesos de soldadura como lo son: las mascararas protectoras o caretas, guantes, petos mangas, lentes de protección, etc. Pero estos accesorios se deben de ver de manera más detalla en lo que podemos llamar equipo de seguridad que interviene en los procesos de soldadura por arco eléctrico; la forma, la calidad, el costo de cada uno de estos elementos como los mencionados anteriormente, vanean de acuerdo a la marca que lo fabrica, así como para cualquier punto referido al mantenimiento, uso y aplicación deberemos acudir al manual del equipo o al proveedor de estos elementos.</p>

2.5 POSICIONES PARA LA APLICACIÓN DE LA SOLDADURA.

La soldadura puede aplicarse en cualquier posición, pero el proceso es más fácil y rápido si la preparación o la posición esta en un plano horizontal, las posiciones que se emplean para la aplicación de la soldadura son cuatro y son mejor conocidas como: en horizontal, en vertical, soldadura de techo o sobre cabeza, soldadura en ángulo interior o rincón y soldadura en ángulo exterior o esquina; a continuación se explicará cada una de ellas y algunas de sus derivaciones; en otras ocasiones los trabajos de soldadura se elaboran en posiciones inclinadas o intermedias entre las ya mencionadas, las soldaduras elaboradas en ángulo interior horizontal se les denomina soldadura en lecho y al pie como lo muestra la figura 2.5.



**Soldadura en ángulo interior
o de lecho.**

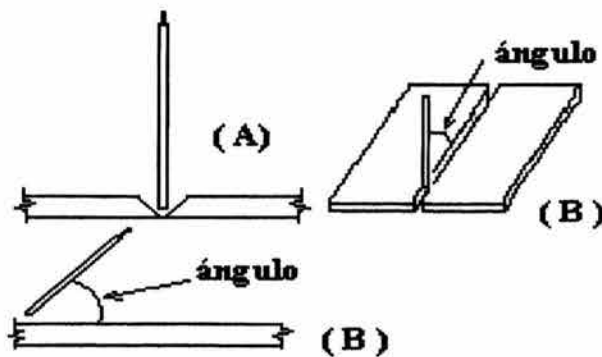


Soldadura al pie.

FIGURA 2.5

POSICIÓN HORIZONTAL.

Cuando se suelda con esta posición el soldador tiene una amplia comodidad para la aplicación de la soldadura; además el material aplicado no tiende a caerse como en otras posiciones, se consigue una mejor penetración de la soldadura, se tiene un mejor control del arco y aumenta la velocidad de soldadura. Para este tipo de posición el electrodo ha de mantenerse exactamente ala mitad de la costura o de la preparación de la superficie como lo muestra la figura (A), el cual deberá tener un ángulo aproximado de entre 70° a 80° con la horizontal en el sentido del avance. Esta posición tiene una variante que es la soldadura horizontal en plano vertical o comúnmente llamada como en cornisa.



POSICIÓN HORIZONTAL EN PLANO VERTICAL.

Algunos trabajos de soldadura resultan imposibles de posicionar en horizontal; así que deben realizarse en otras posiciones como la posición horizontal en plano vertical ó también llamada como en cornisa; esta posición, el cordón de soldadura debe depositarse horizontalmente sobre el material base que esta en un plano vertical. Para realizar la soldadura en esta posición se debe utilizar un arco ligeramente corto; esto con el fin de reducir la caída del material de aporte. En esta posición el electrodo se mantendrá exactamente a la mitad de la preparación; es decir en medio de la preparación que se haya seleccionado; el electrodo deberá tener una inclinación lateral aproximada de entre 5° a 10° y dirigido hacia arriba, una inclinación longitudinal aproximada de 20° y hacia delante. Para la ejecución de esta soldadura se deberá usar electrodos que solo se aplican en esta posición, un fondeo para lograr mayor penetración de la soldadura, así como un soldador con mucha habilidad y experiencia en esta soldadura.



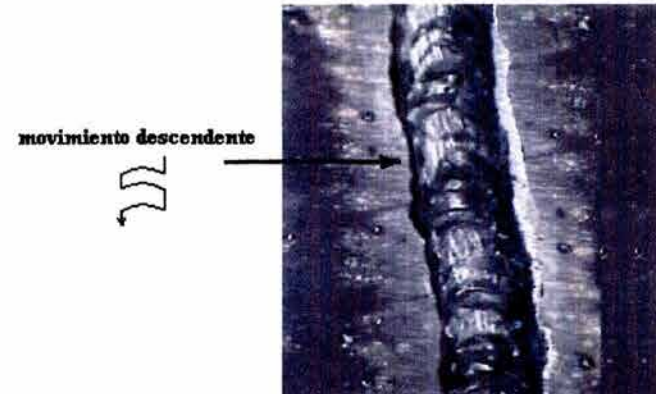
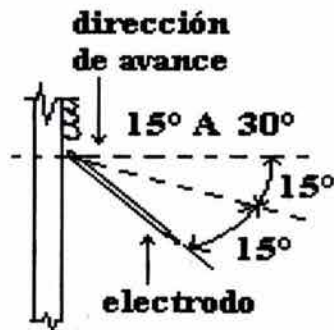
SOLDADURA VERTICAL.

Esta posición es generalmente utilizada en la fabricación, montaje y armado de muchas estructuras de edificios, puentes y diversos trabajos de soldadura donde es requerida esta aplicación; esta soldadura tiene dos variantes para su aplicación, ya que puede realizarse de manera ascendente (hacia arriba) y de manera descendente (hacia abajo), la punta del electrodo debe tener pequeños movimientos laterales de manera ascendente o descendente como lo muestra la figura; los movimientos A, B y C son recomendables para espesores gruesos y D para trabajos en chapa fina o cualquier espesor; los movimientos son recomendables para soldadores con cierta habilidad en esta posición, para soldadores nuevos para esta posición no deben realizar ningún movimiento lateral como se explicará en la siguiente posición.



SOLDADURA VERTICAL DESCENDENTE.

La aplicación de manera descendente es muy practica para trabajos de soldadura en espesores o chapas finas, es decir hasta 6mm de espesor porque presenta dos ventajas significativas, una es la de mayor rapidez en la aplicación y la otra es que tiene un menor poder de penetración y esto sirve para trabajar las chapas finas con una buena soldadura y sin peligro de perforar el material a soldar. Para la aplicación de esta soldadura se debe colocar el electrodo como se muestra en el esquema, e iniciar la soldadura en la parte superior de la pieza y exactamente ala mitad de la preparación como en las otras posiciones, se debe desplazar el electrodo hacia abajo en línea recta con un pequeño movimiento lateral; este balanceo se recomienda para soldadores expertos en esta posición, para soldadores recientes se debe practicar esta posición, no se debe aplicar ningún movimiento y tratar de colocar el material de aportación con un arco corto y una velocidad suficiente para que el material aportado y la escoria queden por encima del cráter formado durante el proceso, la colocación del electrodo para la aplicación descendente debe ser de una inclinación longitudinal de aproximada de entre 10° a 15° .



soladura en vertical aplicación de fondo

SOLDADURA SOBRECABEZA.

La soldadura sobre cabeza es seguramente, la operación que presenta mayor dificultad de aplicación, la dificultad estriba en que el soldador debe tomar una posición incómoda y además debe trabajar contra la acción de la gravedad que se está ejerciendo continuamente sobre el baño de fusión, en esta posición, el baño tiende a caerse continuamente; por lo que resulta difícil conseguir penetraciones correctas y cordones uniformes. A pesar de todo, con un poco de práctica, se pueden conseguir soldaduras tan buenas como las que se realizan en otras posiciones.

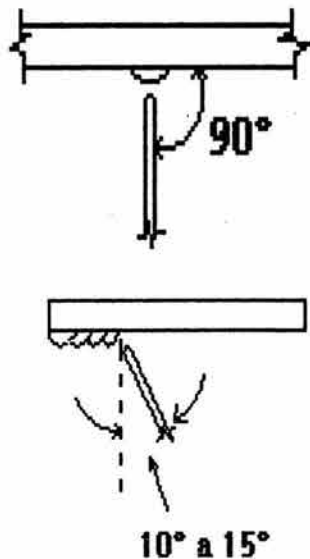


Foto: Técnica y Práctica de la soldadura (Hobart Brothers Co.)

Para una soldadura en esta posición se debe sujetar el maneral o porta-electrodo de tal forma que la palma de la mano quede vuelta hacia abajo; de esta forma, las proyecciones tiene más libertad para correr sobre los guantes y hay menos peligro de que se queden enganchadas y produzcan quemaduras; generalmente el maneral puede sujetarse perfectamente con una mano, pero algunas veces puede resultar mejor sostenerla con ambas manos y esto depende de la habilidad del soldador; para tener la máxima protección posible contra las proyecciones es necesario situarse a un lado del arco y no justo bajo el mismo; la incomodidad que presenta el peso del cable porta-electrodo puede minimizarse colgándolo, sobre los hombros cuando se suelda de pie, o sobre las rodillas cuando se suelda sentado.

Para realizar e iniciar el proceso de soldadura sobre cabeza, se debe colocar el electrodo en el maneral o porta-electrodo y llevarlo en dirección perpendicular a la junta, después que se inicia el arco y se aplica una parte del cordón se debe inclinar el electrodo unos 10 o 15° en el sentido de avance, esta soldadura puede realizarse en cualquier dirección: hacia delante, hacia atrás, ala derecha, a la izquierda.

APLICACIÓN DE CORDONES EN TECHO.



1. Cebiar arco y esperar a que se forme el baño, como en la soldadura horizontal. A continuación desplazar el electrodo, para conseguir un cordón, manteniendo el arco lo más corto posible.
2. Depositar una serie de cordones rectos sin ningún balanceo lateral. Para evitar los desprendimientos del baño, reducir ligeramente la intensidad de la corriente.
3. Continuar el depósito de cordones rectos hasta conseguir la habilidad suficiente para controlar correctamente el baño de fusión. Practicar el depósito de cordones en distintas direcciones.
4. Sobre otra chapa de 6mm, practicar el depósito de pasadas con balanceo lateral.

LO QUE DEBEMOS RECORDAR EN LA SOLDADURA SOBRE CABEZA.

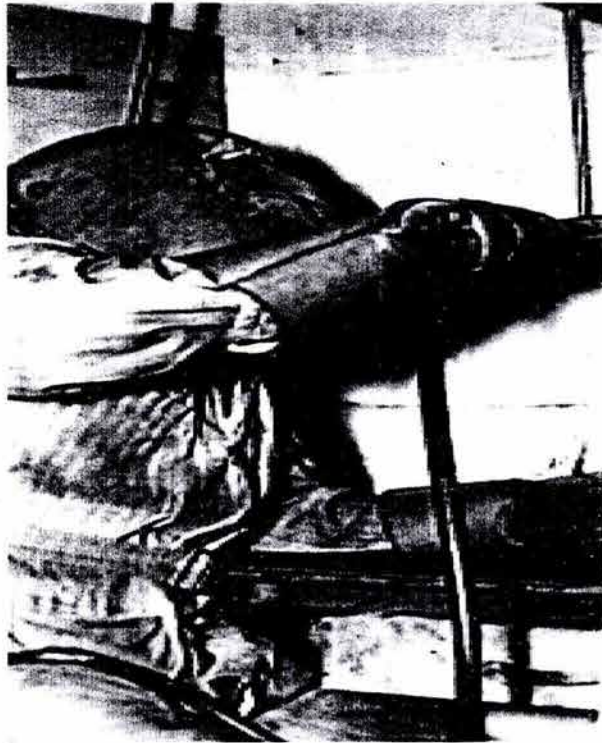


Foto Técnica y Práctica de la Soldadura

1. Para el soldeo sobre cabeza , inclinar el electrodo unos 10° ó 15° en el sentido de avance.
2. Sujetar la pinza de forma que la palma de la mano quede vuelta hacia abajo.
3. No situarse justo debajo del arco, sino a un lado del mismo.
4. Colgar el cable de pinza sobre el hombro, cuando se trabaja de pie; o sobre las rodillas, cuando se trabaja sentado.
5. Mantener el arco lo más corto posible.
6. Utilizar un ligero movimiento de balanceo para controlar el baño.
7. Asegurarse de que se lleva la ropa de protección adecuada.

2.6 SEGURIDAD EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA.

EQUIPO DEL SOLDADOR

El equipo de seguridad del soldador está constituido por una pantalla o careta protectora provista de un cristal de vidrio inactínico, que tiene la propiedad de no dejar pasar los rayos ultravioletas e infrarrojos , muy perjudiciales para la vista, aun durante breves instantes. Algunas pantallas se cogen con la mano izquierda y algunos tipos llevan un dispositivo tipo matraca para ajustarla a la cabeza de manera que queden las dos manos libres.

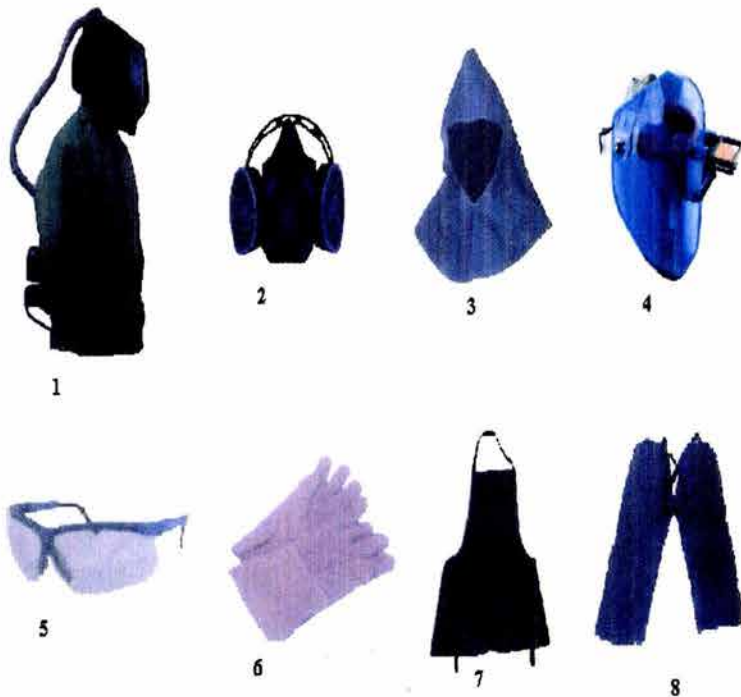


PROTECCIÓN PERSONAL.

Siempre se debe utilizar todo el equipo de protección necesaria para el tipo de soldadura a realizar, el equipo consiste en :

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

Otros aditamentos que intervienen en la seguridad que a veces no son considerados para dicho fin son: unas tenazas para coger las piezas que se sueldan cuando están a elevada temperatura, gafas de protección transparentes para cuando se desprende la escoria de los cordones con la piqueta, ya que la escoria se dispara cuando se remueve del cordón y en algunos casos mascarillas de protección contra polvo y gases.



1. Sistema de purificación de aire integrado a una careta.
2. Protección respiratoria por medio de cartuchos intercambiables.
3. Capucha de mezclilla de protección para cualquier posición
4. Careta para soldar de fibra de vidrio con ventana móvil.
5. Anteojos de protección ergonómicos.
6. Guantes de carnaza para soldar tipo mosquetero.
7. Peto protector antisalpicaduras de mezclilla.
8. Mangas de mezclilla para protección de brazos.

2.7 SEGURIDAD E HIGIENE EN LA SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO.

Tanto en la ejecución de los procesos de soldadura como en cualquier otra actividad, tienen sus riesgos tanto de salud del trabajador como del equipo de trabajo; algunas ocasiones estos llegan a suceder por una mala instalación dentro de las fabricas o talleres, las cuales dan pie a las "condiciones inseguras" y otras dependen directamente del trabajador pues de nada sirve que la empresa, taller o fabrica facilite los medios, y la capacitación para su seguridad e higiene, si él trabajador no hace el correcto uso de estas o las toma de manera despreocupada lo que da pie a las "acciones inseguras".

Por lo que hay que fomentar en el trabajador una cultura de la seguridad y a un convencimiento de que la protección de su salud y de su vida es una obligación que tienen con su familia y con ellos mismos. Por lo que debemos tener ciertas precauciones en la ejecución de los procesos de soldadura y para cualquier actividad que se tenga que desempeñar.

HIGIENE.

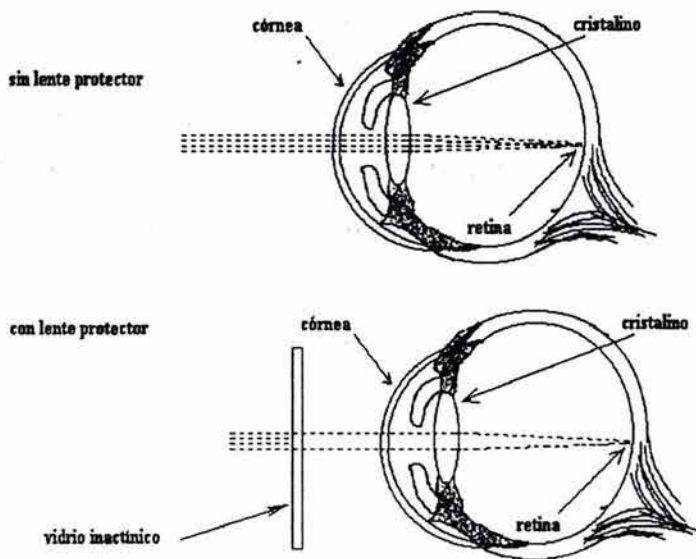
Los procesos de soldadura que realizan los talleres o fabricas se encuentran donde se realizan otras actividades que están relacionadas con la soldadura, por lo que en estos lugares existe una atmósfera contaminada de humos y de polvos; aunque exista un área para los procesos de soldadura es también un área contaminada tanto por el arco eléctrico que produce calor y las radiaciones que emite; ocasiona una alteración del aire que se respira en esa área, formada por gases contaminantes como óxido nitroso; por otro lado el revestimiento que tienen los electrodos esta formado por una variedad de variedad de sustancias que al volatizarse por el calor del arco , desprenden vapores de manganeso y partículas de óxido de hierro que son los más frecuentes.

Aunque estos contaminantes atmosféricos como lo son los gases, vapores y partículas suspendidas en el aire, no están marcadas como toxicas, pero en las áreas donde están estos contaminantes si están muy concentrados y son respirados constantemente por los soldadores y las personas que están en estas áreas; estos contaminantes son los causantes de las llamadas enfermedades profesionales como lo son irritaciones y quemaduras en los ojos así como enfermedades de las vías respiratorias; por lo que debemos tener establecidas normas o reglas de seguridad.

Cuando se realiza una soldadura de arco eléctrico durante la cual ciertas partes conductoras de energía eléctrica están al descubierto, el operador debe tomar en cuenta las reglas de seguridad, con el fin de contar con la máxima protección personal y así también proteger a las otras personas que trabajan a su alrededor; la seguridad debe ser una cuestión de sentido común. Los accidentes pueden evitarse si se cumplen con las siguientes reglas:

2.7.1 PROTECCIÓN DE LA VISTA.

La protección de la vista es sumamente importante ya que sin esta no podríamos realizar actividad alguna; por lo que es indispensable saber como protegerla. El arco eléctrico que se utiliza como fuente calórica y cuya temperatura sobre los 4.000°C , la cual desprende radiaciones visibles y no visibles; dentro de las no visibles tenemos aquellas de efecto más nocivo como son los rayos ultravioletas e infrarrojos.



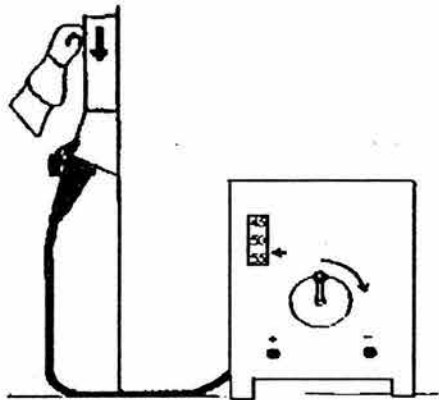
La lesión que produce la quemadura en los ojos no es permanente, aunque cabe mencionar que es extremadamente dolorosa; la podemos detectar cuando tenemos la sensación de "tener arena en los ojos", para evitar este tipo de lesiones se debe utilizar un lente protector (vidrio inactivo) estos vidrios tiene una clasificación que se conoce con el nombre de sombras y que varían de acuerdo a la intensidad de corriente que utiliza el proceso de soldadura, generalmente las más utilizadas son de la sombra 9 a la sombra 12 y delante de éste, para su protección, siempre hay que mantener una cubierta de vidrio transparente, la que debe ser sustituida inmediatamente cuando se deteriora por las salpicaduras de la soldadura.

2.7.2 SEGURIDAD AL USAR UNA MÁQUINA SOLDADORA.

Antes de comenzar a utilizar la máquina de soldar de arco eléctrico deben tenerse ciertas precauciones, conocer su operación y manejo, como los accesorios y herramientas adecuadas. Para realizar el trabajo de soldadura con facilidad y seguridad, deben tomarse en cuenta los siguientes puntos:

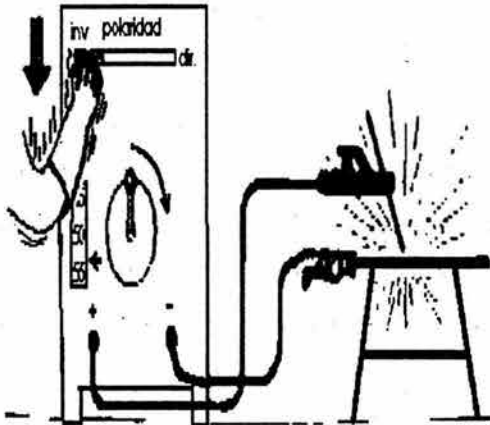
LOS CIRCUITOS CON CORRIENTE.

Por lo general en los talleres el voltaje usado es 220 o 380 volts y en algunos lugares de trabajo hasta 440 volts. El soldador debe tener en cuenta que estos voltajes altos son capaces de ocasionar graves lesiones. Por lo que es muy importante que ningún trabajo se haga en los cables, interruptores, controles, etc., sin antes haber revisado que la máquina ha sido desconectada de la alimentación eléctrica. Cualquier inspección en la máquina debe ser hecha cuando el circuito ha sido desenergizado.



LA LÍNEA A TIERRA.

Todo circuito eléctrico debe tener una línea a tierra para evitar que la posible formación de corrientes parásitas produzca un choque eléctrico al operador, cuando éste, por ejemplo, llegue a poner una mano en la carcasa de la máquina. Nunca opere una máquina que no tenga su línea en tierra.

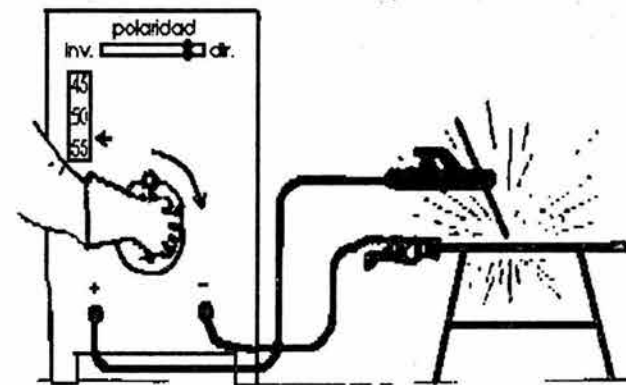


EL CAMBIO DE POLARIDAD.

El cambio de polaridad se realiza para cambiar el polo del electrodo de positivo (polaridad invertida) a negativo (polaridad directa). Nunca se debe cambiar el selector de polaridad si la máquina está operando y mucho menos cuando no cuenta con el selector y se deben cambiar los cables, ya que al hacerlo saltará el arco eléctrico en los contactos del interruptor, provocando un accidente al operador y destruyendo las terminales.

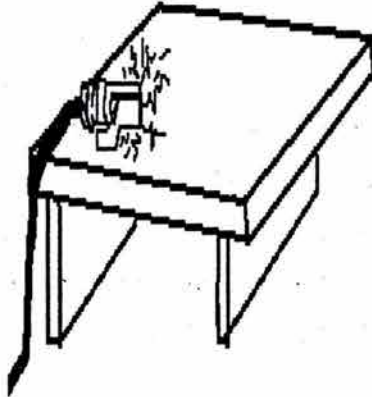
EL CAMBIO DE AMPERAJE.

En las máquinas empleadas para efectuar trabajos de soldadura no es recomendable hacer los cambios de amperaje cuando se está soldando, esto puede producir daños en las tarjetas de control, u otros componentes tales como tiristores, diodos, transistores, en los contactos eléctricos, el mecanismo que mueve el selector de amperaje; ya que los daños son causados por la aparición de un arco eléctrico al interrumpir la corriente, la mejor opción para hacer el cambio de amperaje es cuando se deja de soldar, y así poder ajustar el selector de amperaje.



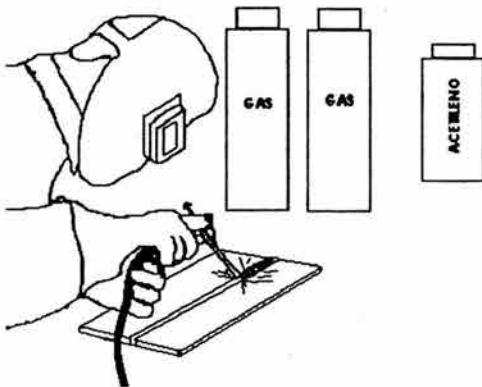
2.7.3 LA SEGURIDAD Y CONDICIONES AMBIENTALES EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA

CIRCUITO DE SOLDADURA.



Cuando no se usa el cable porta electrodos, nunca se debe dejar encima de la mesa de trabajo o que entre en contacto con cualquier otro objeto que tenga una línea directa a la superficie donde se suelda. El peligro en este caso es que el portaelectrodo entra en contacto con el circuito a tierra, lo que provoca en el transformador un corto circuito.

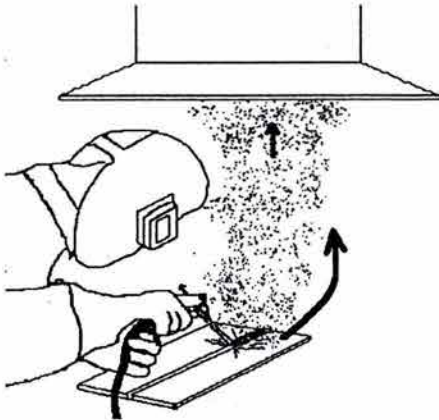
Cualquier proceso de soldadura no es un proceso riesgoso si se toman y realizan las medidas preventivas adecuadas. Esto requiere que el soldador tenga un conocimiento de las posibilidades de daño que pueden ocurrir en las operaciones de soldar.



PARA PREVENIR UN INCENDIO.

Nunca se debe efectuar un proceso de soldadura en la proximidad de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvos o polvos combustibles; también en alrededores de materiales inflamables o de combustibles no protegidos.

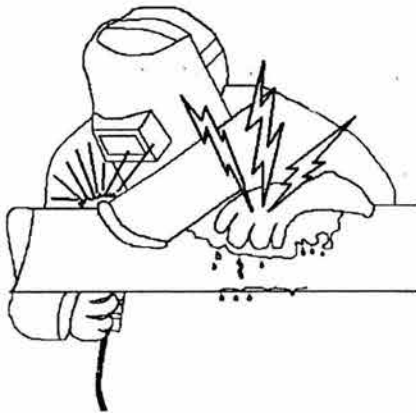
VENTILACIÓN



Cuando el proceso de soldadura contiene gases, vapores o polvos, que saturan el ambiente es necesario mantener perfectamente aireado y ventilado el lugar mientras se realiza el proceso de soldadura y cuando no se suelda.

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

HUMEDAD



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

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

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

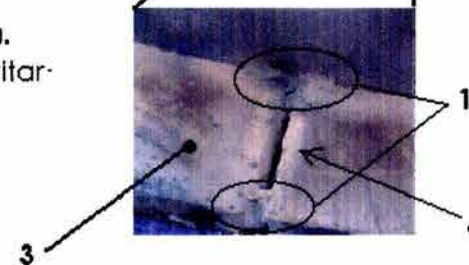
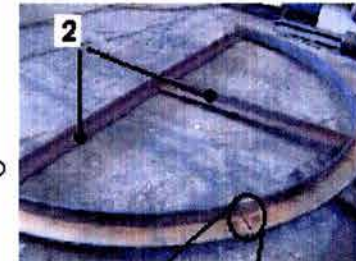
2.8 CASO PRACTICO DE LOS PASOS A SEGUIR PARA INICIAR UN PROCESO DE SOLDADURA.

CASO PRACTICO

Para comenzar a soldar un equipo es necesario que ya este preparado para la aplicación del proceso de soldadura, esto es, que este debidamente conformado ó armado el equipo a soldar; así como la colocación de los sujetadores para evitar posibles deformaciones durante el proceso de soldadura, en este caso se soldará un anillo coronamiento para un tanque de almacenamiento fabricado en ángulo de $5/8" \times 5" \times 4"$. Como se menciona al principio del capítulo se debe seguir una serie de puntos para iniciar el proceso de soldadura.

Para la fabricación del equipo descrito arriba y mostrado en las figuras se siguieron los siguientes puntos:

- 1.- Conformado y armado mediante puntos de soldadura.
- 2.- Colocación de los sujetadores o separadores para evitar posibles deformaciones.
3. Identificación del material.
material acero al carbón tipo A-36 $5/8"$ de espesor
- 4.- Preparación de superficie.
unión a tope



CASO PRACTICO

Como la preparación tiene más de 3mm de separación se debe aplicar un fondeo previo a la soldadura final; después del fondeo se vuelve a preparar la superficie con arco-aire para eliminar impurezas que afectan a la soldadura.

5.- Selección del electrodo.

A Fondeo con E-6010 de 5/32" de \varnothing

B Soldadura final E-7018 de 3/16" de \varnothing

6.- Preparar superficie con arco aire.

7.- Mejor posición para el soldador.

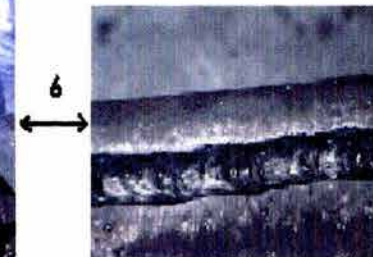
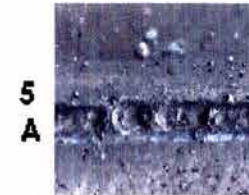
Posición horizontal.

8.- Verificar funcionamiento de la máquina para soldar.

Soldadora tipo transformador corriente alterna.

9.- Verificar equipo de seguridad del operario.

10.- Iniciar el proceso de soldadura.



LO MÁS IMPORTANTE QUE DEBEMOS RECORDAR PARA INICIAR UN PROCESO DE SOLDADURA

Normas de seguridad

Para realizar trabajos de soldadura se recomienda seguir unas normas de seguridad importantes:

- . Use guantes aislantes secos.
- . 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.

Protéjase del golpe eléctrico aislándose 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 contra chapada, 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.

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.
- . 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.

No suelde cerca de materiales inflamables. Mueva los materiales inflamables por lo menos a una distancia de 11 metros o protéjalos con cubiertas contra llamas.

El soldar puede causar fuego.

Tenga un extintor 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.

Los rayos del arco pueden quemar sus ojos y piel.

- . 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.
- . 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.

ESTA TESIS NO SALIR
DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO III

PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO.

CAPITULO III

PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO.

La soldadura es en realidad un proceso metalúrgico, por eso se debe de entender como los metales se comportan durante su producción y fundición es conocer los fundamentos de la soldadura.

La mayoría de los procesos de soldadura, al igual que en la fundición de los metales, requieren la generación de altas temperaturas para hacer posible la unión de los metales envueltos. El tipo de fuente de calor es básicamente lo que describe el tipo de proceso, Ej. : soldadura autógena (gas), soldadura de arco (eléctrica).

Uno de los principales problemas en soldadura, es el comportamiento de los metales ante la combinación de los agentes atmosféricos y los cambios en su temperatura. El método de proteger el metal caliente del ataque de la atmósfera es el segundo de los mayor problemas a resolver. Las técnicas desarrolladas desde "Protección por fundente" (Flux Covering), hasta la de Protección por gas Inerte, son mas que escudos protectores en muchos casos pero eso es básicamente para lo que fueron creados.

En algunas instancias la atmósfera es removida toda usando sistemas de vacío. Algunos de estos procesos han sido desarrollados para algunas aplicaciones específicas mientras otros se mantienen muy flexibles cubriendo un amplio rango de actividades en la soldadura. Aunque la soldadura es usada principalmente para unir metales similares y hasta partes metálicas no similares es también muy usada, de manera muy notable, para reparar y reconstruir partes y componentes averiados o gastados.

Existe, también, un crecimiento notable en el uso de diferentes aplicaciones para tratar las superficies con una capa de alto endurecimiento (hardfacing) de partes nuevas, que provee una superficie altamente resistente a la corrosión, abrasión, impactos y desgaste. Introducido en las últimas décadas del siglo XIX, el proceso de arco se mantiene como el más usado de todos los grupos de las técnicas de soldadura.

Como el mismo nombre lo sugiere, es un arco eléctrico que se establece entre las partes a ser soldada y un electrodo metálico. La energía eléctrica, convertida en calor, genera una temperatura en el arco cerca de 7,000 grados centígrados (10,000 F), causando la fundición de los metales y después la unión. El equipo puede variar en tamaño y complejidad, siendo la diferencia principal entre el proceso de arco, el método usado para separar la atmósfera o crearla y el material consumible empleado para ser aportado al proceso.

MÉTODOS MÁS UTILIZADOS POR ARCO ELÉCTRICO.

En la actualidad los procesos de soldadura más utilizados son:

Proceso de soldadura TIG.

GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

Proceso de soldadura MIG.

GMAW (Gas Metal Arc Welding) conocido como MIG (Metal Inert Gas)

Proceso de soldadura al arco con electrodo revestido.

MAA/SMAW (Manual Metal Arc/ Shielded Metal Arc Weldng),

Proceso de soldadura de arco sumergido.

SAW (Submerged Arc Welding).

Proceso de soldadura al plasma.

PAW (Plasma Arc Welding) Soldadura por Plasma

3.1 SOLDADURA TIG (GTAW)

Como se ha mencionado anteriormente que el objetivo principal de cualquier operación de soldadura es el de conseguir una unión con las mismas características que el metal base; el resultado de dicha unión sólo puede obtenerse si el baño de fusión está completamente aislado de la atmósfera durante toda la operación de soldeo.

De no cumplirse, tanto el oxígeno como el nitrógeno del aire serán absorbidos por el metal en estado de fusión y la soldadura quedará porosa y frágil. En la soldadura por arco con protección gaseosa, se utiliza como medio protector un chorro de gas que rodea al arco y al baño de fusión, impidiendo la contaminación de la soldadura.

Los procesos de soldadura por arco con protección gaseosa se utilizaban únicamente en el soldeo de aceros inoxidable y otros metales de difícil soldadura; pero por razones de calidad, velocidad de soldeo y facilidad operatoria, la soldadura por arco con protección gaseosa sustituye en muchos casos a la soldadura oxiacetilénica y a la soldadura por arco con electrodos revestidos. Este tipo de procedimiento puede aplicarse tanto manual como automáticamente, y en cualquier caso, su campo de aplicación alcanza desde los espesores más finos hasta los más gruesos, tanto en metales férreos como no férreos.



Pistola de soldadura o antorcha "TIG"
para varias posiciones

Fundamentos y teoría de la soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas inerte.

El desarrollo de la soldadura por el proceso "TIG" hace que sean las soldaduras más limpias y puras comparadas con otros métodos, decididamente el proceso "TIG" ha hecho una demostrativa contribución al desarrollo de la industria de la soldadura. La soldadura por el proceso "TIG" es actualmente empleado por la industria en la fabricación de una amplia variedad de productos.

DESCRIPCIÓN GENERAL.

La unión del metal por el proceso "TIG" se efectúa mediante el calentamiento que produce el arco eléctrico. Una de las terminales es un electrodo de Tungsteno y la otra es la pieza a soldar, es decir el metal base con el que se va a trabajar. La protección del arco eléctrico de los contaminantes atmosféricos es mediante la pantalla o atmósfera protectora generada por un gas inerte. El Electrodo de Tungsteno es una varilla de color gris de metal muy duro, denso y difícilmente fusible: puede contener una adición del 1% al 2% de Torio, estos aumentos le aportan capacidad y mejoran sus cualidades, sin embargo los electrodos de Tungsteno puro son recomendables para la soldadura de aluminio, esto es por que la punta se derrite a formar una bola, de manera que esta permite aumentar la estabilidad del Arco.

El Tungsteno fue seleccionado como material del electrodo por su característico alto punto de fusión (6000°F). El arco eléctrico es una fuente intensa de calor, que es conducida por un gas caliente llamado plasma.

PROCEDIMIENTO TIG

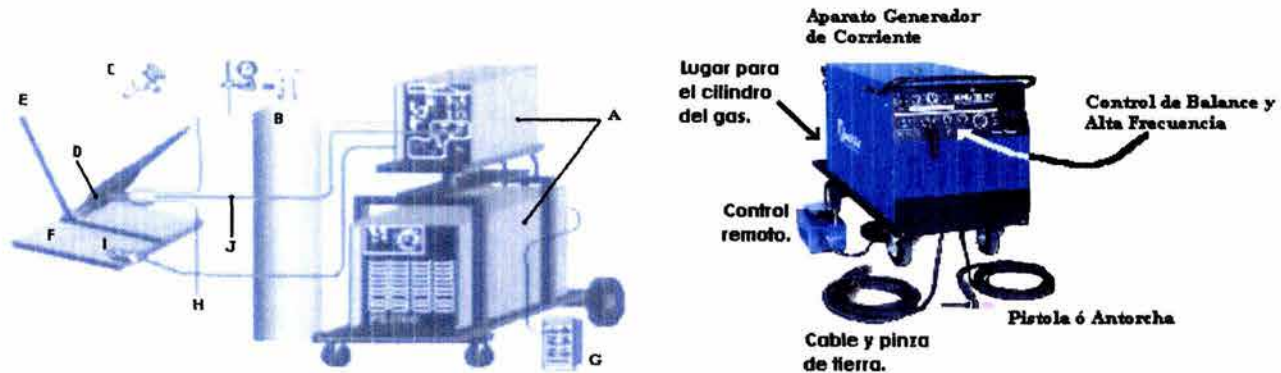
En este procedimiento, el arco de soldadura salta desde un electrodo de tungsteno que no se consume durante la operación de soldeo. Un chorro de gas inerte, suministrado con una cierta presión a través de una boquilla que rodea al electrodo, expulsa el aire de las inmediaciones de la zona de soldeo, evitando la oxidación del electrodo, del baño de fusión y de la zona térmicamente afectada.

En el procedimiento TIG, el electrodo sólo se emplea para establecer el arco. Como no se consume no sirve de material de aportación. En esto difiere de la soldadura clásica por arco de electrodos revestidos, en la que el alma del electrodo aporta material a la junta.

Para uniones que precisen material de aportación, se utiliza una varilla metálica, que se introduce en el baño de fusión siguiendo un método operatorio similar al que se emplea en la soldadura oxiacetilénica. En algunos casos se le dan al procedimiento nombres comerciales como Heliarc (Linde), Nertal, Heliwelding (Airco), etc.



EQUIPO PARA EL PROCESO TIG.

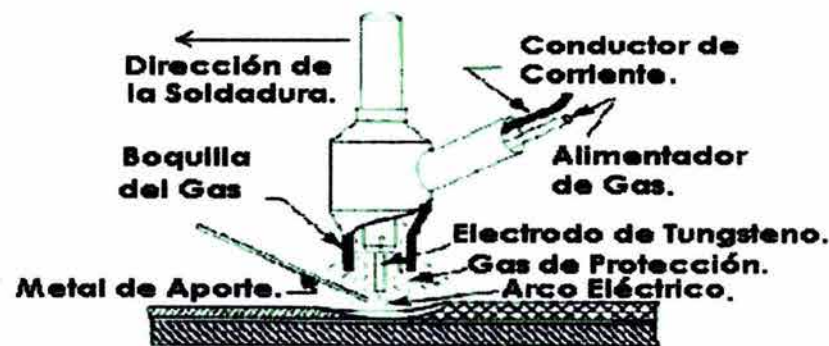


- A. Aparato generador de corriente continua, con unidad de alta frecuencia incorporada y en algunos equipo esta integrada dentro del generador.
- B. Gas de protección, de acuerdo al material base se escoge el tipo de gas de protección.
- C. Suministro de agua para refrigeración de la pistola, algunos equipos cuenta con enfriamiento por aire lo cual no requieren de la refrigeración por agua.
- D. Pistola o antorcha TIG, estas pueden tener una posición fija para soldar o tener un cuello movible para ajuste, también se eligen de acuerdo al amperaje de la maquina generalmente son de 200 y 350 amperes.
- E. Material de aporte generalmente son barrillas que se seleccionan de acuerdo al material base.
- F. Material base o material a soldar.
- G. Control remoto, que sirve para que el soldador pueda ajustar los valores desde su lugar de trabajo.
- H. Es el drén del sistema de enfriamiento por agua, I es el cable de tierra que se coloca en la pieza de trabajo, J es el conductor de energía para producir el arco eléctrico y también para suministrar el gas protector.

METODOLOGÍA Y PLANEACIÓN DEL PROCESO

Antes de iniciar la soldadura hay que realizar las comprobaciones y reglajes siguientes:

1. Comprobar todas las conexiones del circuito de soldadura, para asegurarse de que están correctas.
2. Elegir el diámetro de electrodo y de boquillas adecuados (seguir las recomendaciones del fabricante)
3. Ajustar el electrodo en el portaelectrodos, de forma de que sobresalga la longitud adecuada al tipo de junta a realizar. En uniones a tope debe sobresalir entre 3 y 5 mm; y en uniones en ángulo interior, unos 6 a 10mm.
4. Comprobar que el electrodo está firmemente sujeto a la pinza. Esta comprobación puede realizarse apoyando el extremo del electrodo sobre una pieza y apretando con el portaelectrodos. Si el electrodo se mueve hacia el interior de la boquilla debe corregirse el apriete. No apretar excesivamente la boquilla. Puede deteriorarse la rosca.
5. Ajustar el generador a la intensidad de corriente adecuada
6. Si se emplea portaelectrodos refrigerado por agua, abrir el paso de agua.
7. Abrir el paso de gas inerte y regular el caudal adecuadamente.



VARIANTES DEL PROCESO

Se distinguen, fundamentalmente, dos tipos de procedimientos:

- La soldadura por arco con electrodo infusible y protección gaseosa. Procedimiento TIG (Tungsten Inert Gas) .
- La soldadura por arco con electrodo metálico fusible y protección gaseosa. Procedimiento MIG (Metal Inert Gas).

Cada uno de estos procedimientos presenta sus ventajas características, pero ambos coinciden en producir soldaduras bien penetradas y relativamente libres de contaminación atmosférica. La mayor parte de los metales industriales pueden soldarse fácilmente con uno u otro procedimiento. Esto incluye a metales como el aluminio, magnesio, aceros débilmente aleados, aceros al carbono, aceros inoxidable, cobre, níquel, Monel, Inconel, titanio y otros.

Ambos procedimientos pueden aplicarse manual, semiautomáticamente. En la soldadura semiautomáticamente, el soldador controla la dirección y la velocidad de avance. En el soldeo automático, la iniciación del cordón, el espesor de la aportación, la velocidad de avance, la dirección, etc., están controlados por el equipo.

VENTAJAS

Puesto que el gas protector impide el contacto entre la atmósfera y el baño de fusión, las uniones obtenidas son más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión, que las que se obtienen por la mayor parte de procedimientos.

La protección gaseosa simplifica notablemente el soldeo de metales no féreos, por no requerir el empleo de desoxidantes. Los procedimientos que exigen la aplicación de desoxidantes presentan el problema de la eliminación de los residuos de los mismos una vez realizada la soldadura. Además con el empleo de estos desoxidantes, siempre hay el peligro de formación de sopladuras e inclusiones de escoria.

Otra ventaja de la soldadura por arco con protección gaseosa es la de que permite obtener soldaduras más limpias, sanas y uniformes, debido a la escasez de humos y proyecciones.

Por otra parte, dado que la protección gaseosa que rodea el arco es transparente, el soldador puede ver claramente lo que está haciendo en todo momento, lo que repercute favorablemente en la calidad de la soldadura.

La soldadura puede realizarse en todas las posiciones con un mínimo de proyecciones.

Puesto que la superficie del cordón presenta una gran limpieza, pueden suprimirse, o reducirse sensiblemente, las operaciones de acabado, lo que incide favorablemente en los costos de producción.

Por último, también es menor la deformación de las piezas en las inmediaciones del cordón de soldadura.

APLICACIONES DEL PROCESO TIG

El sistema TIG puede aplicarse en cualquier tipo de material como pueden ser: aluminio, acero inoxidable, acero al carbón, hierro fundido, cobre níquel, manganeso, etc.

Es recomendable para la unión de metales de espesores finos es decir desde 0.5mm gracias a su control de calor producido por el arco y la facilidad de aplicación con o sin material de aporte.

Es utilizado también para la unión de materiales de grandes espesores cuando se requiere calidad y una buena presentación en la soldadura.

Se puede aplicar en recubrimientos duros de superficie y para realizar cordones de raíz en tubos de acero al carbón.

Para obtener una mejor ventaja de este proceso se puede combinar su aplicación haciendo cordones de raíz y el resto de pasadas con otro tipo de proceso ya sea un proceso MIG manual o electrodo revestido.

3.2 SOLDADURA "MIG".

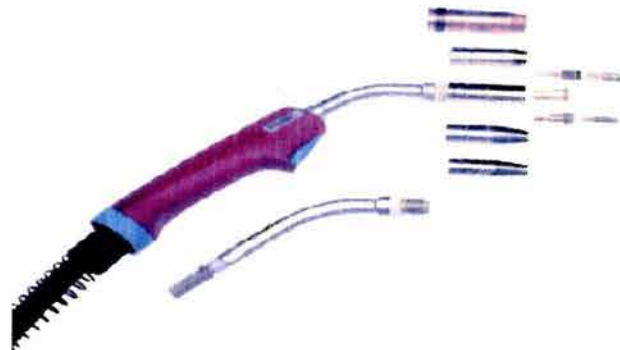
El proceso MIG, como ya se ha mencionado es un proceso de soldadura por arco eléctrico; este proceso requiere de un alambre electrodo de aporte, el cual es alimentado automáticamente desde el generador de energía a la pistola de soldadura o antorcha MIG a una velocidad constante y controlada; la velocidad puede ser manipulada o ajustable desde un control que tiene el generador de energía.

La velocidad de alimentación esta en función del espesor del material, la preparación de la superficie y de la destreza del soldador; el proceso cuenta con una protección gaseosa suministrada de forma externa; es decir de un cilindro, que también esta conectado al generador de energía que también regula el flujo de gas mediante un dispositivo integrado en dicho generador, dicho gas tiene la misma función que en proceso TIG, que es la de proteger de los contaminantes existentes en el aire.

El procedimiento puede ser totalmente automático, o semiautomático. Cuando la instalación es totalmente automática, la alimentación de alambre, la corriente de soldadura, el caudal de gas y la velocidad de desplazamiento a lo largo de la junta, se regulan previamente a los valores adecuados, y luego, todo funciona de forma automática.

En la soldadura semiautomática la alimentación de alambre, la corriente de soldadura y la circulación de gas, se regulan a los valores convenientes y funcionan automáticamente, pero la pistola hay que sostenerla y desplazarla manualmente.

El soldador dirige la pistola a lo largo del cordón de soldadura, manteniendo la posición, longitud del arco y velocidad de avance adecuados. En muchos casos, la soldadura MIG recibe nombres comerciales como, por ejemplo, Procedimiento Microwire (Hobart), Soldadura Aircomatic (Airco), Soldadura Sigma (Linde) y Soldadura Millermatic (Miller).



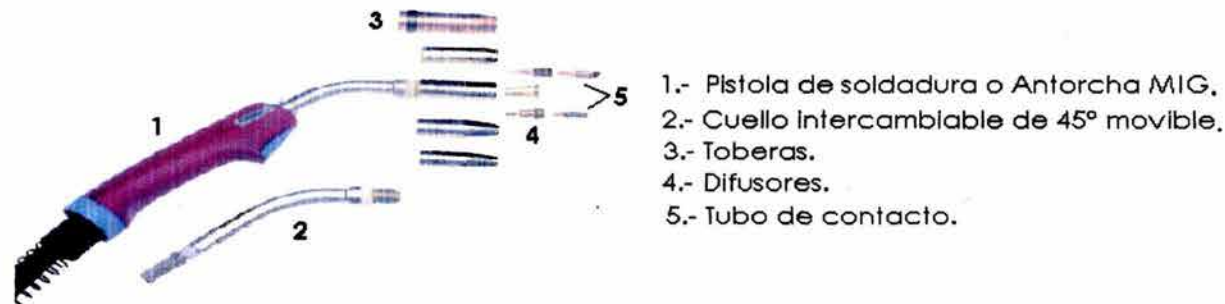
Pistola de soldadura o Antorcha MIG

FUNDAMENTOS Y TEORÍA DE LA SOLDADURA AL ARCO CON ELECTRODO METÁLICO CONSUMIBLE PROTEGIDO POR GAS INERTE.

La soldadura MIG (GMAW) es un proceso que emplea un alambre (micro electrodo) el micro alambre contiene las propiedades específicas que se le quiera adicionar a la soldadura protegida por los gases, es alimentado de manera continua. A diferencia del proceso de electrodo revestido (SMAW), este método no requiere del reemplazo constante de los electrodos, lo que permite realizar un proceso de alta producción.

DESCRIPCIÓN GENERAL.

En este proceso la unión de los metales como en el proceso anterior se realiza mediante el contacto del micro electrodo y el metal base iniciando así un arco eléctrico, en el cual el micro alambre es alimentado de manera automática y continuamente alimentado a la zona de soldadura a una velocidad constante y controlada, la zona de soldadura al igual que el proceso TIG se protege con una atmósfera gaseosa; el amperaje y el gas protector influyen en la forma de aplicarse; es decir en la forma de transferir el metal fundido del micro alambre.



PROCEDIMIENTO MIG.

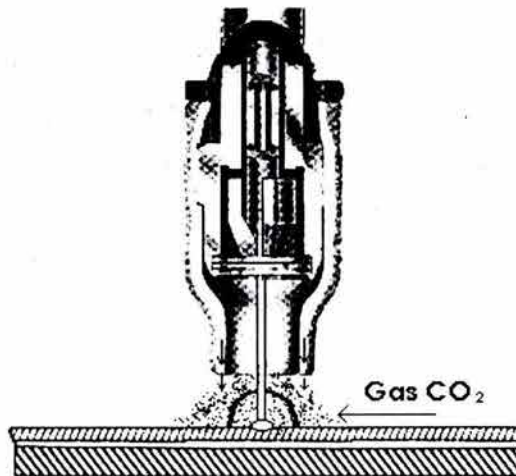
El procedimiento para la soldadura MIG, se inicia cuando se realiza cuando el electrodo y la pieza a soldar establecen un arco eléctrico, en el cual se forma un proceso de fusión, la temperatura que aporta el arco al metal base y al metal de aporte hace que queden en estado líquido formando así un charco de metal fundido que al enfriarse se solidifica y permite la unión del metal. La alimentación del micro electrodo se hace a través de una antorcha y de manera constante por medio de un sistema de alimentación automático que se encuentra en el generador de energía. La soldadura se protege por medio de una atmósfera de gas Helio y CO₂, que cubre el metal fundido y que se alimenta también por medio de la misma antorcha; el proceso MIG permite hacer soldaduras con un mínimo de salpicadura, proporciona mejor control de aplicación y produce soldaduras limpias y libre de escoria.

El proceso MIG tiene tres formas de operación las cuales dependen directamente del voltaje, amperaje y tipo de gas protector. En el proceso MIG el metal fundido es transferido en forma de gotas a través del arco eléctrico; es decir desde el alambre electrodo a la zona de soldadura.

La cantidad de corriente determina el tamaño de gotas (D) y el número de gotas para un electrodo de diámetro dado; cuando tenemos un valor de corriente bajo las gotas crecen a un diámetro que es varias veces el diámetro del electrodo antes de separarse del alambre electrodo; cuando se utilizan valores intermedios de corriente decrece rápidamente el tamaño de las gotas igual o a un menor diámetro del electrodo; si utilizamos valores altos de corriente las gotas son bastante pequeñas y la separación de estas aumenta conforme se aumenta la corriente, y son llamadas como transferencia "spray" o de rocío, transferencia "globular" y transferencia en "corto circuito".

TRANSFERENCIA.

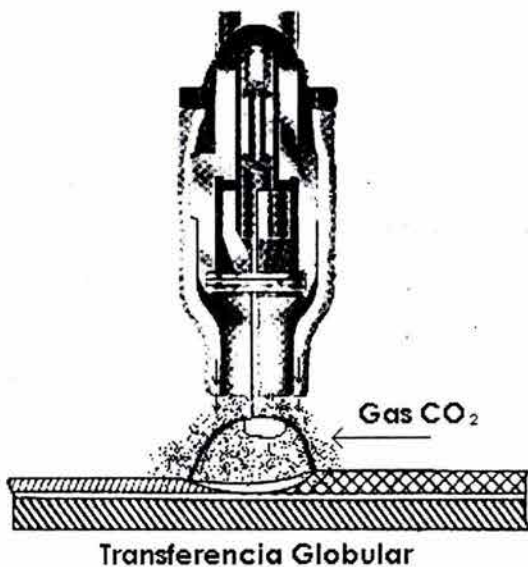
Se llama transferencia a la forma en que se deposita el material de aporte sobre el metal base: transferencia por corto circuito, transferencia globular y transferencia por spray.



Transferencia por
Corto Circuito.

Transferencia por corto circuito.

En soldadura de arco de corto circuito, se utiliza intensidades de corriente bajas que producen poca de acumulación de material de soldadura y rápido enfriamiento. Este tipo de aplicación se indica generalmente para soldadura de uniones delgadas, trabajando con intensidad de corriente muy baja, menor es el calor que se aporta a la unión y menor será la distorsión.

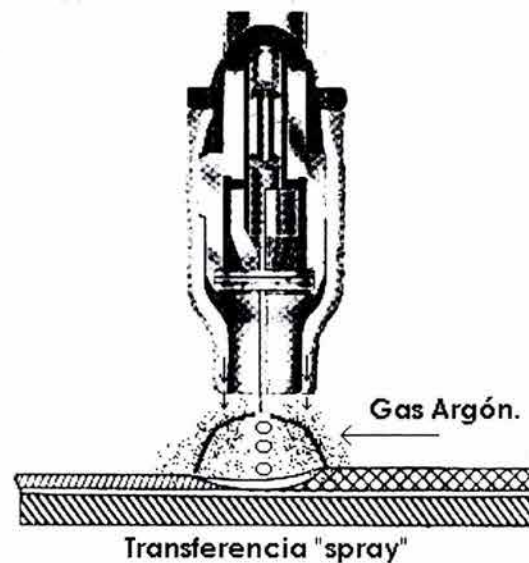


Transferencia globular

Se llama transferencia globular cuando se usa una fuente de poder de corriente directa con el alambre de electrodo conectado al polo positiva, y se hace uso de una densidad de corriente relativamente baja sin importar el tipo de gas de protección, durante este tipo de transferencia el metal de aporte se deposita en forma globular o gotas grandes.

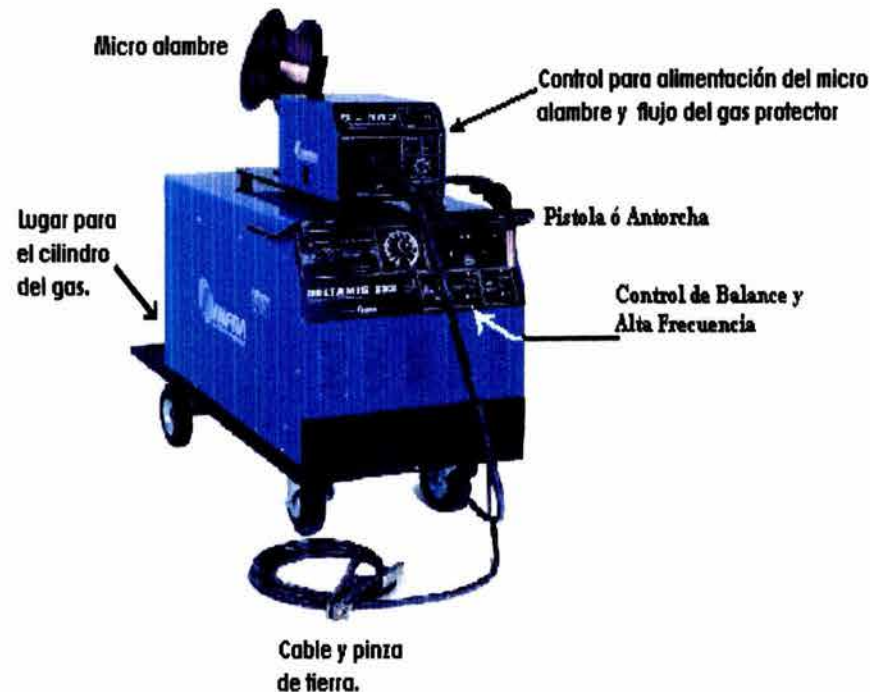
Transferencia por spray

Este tipo de transferencia se obtiene por medio de una protección de gas de argón o helio no inferior al 80%, el método de transferencia por spray, tiene una columna de arco muy fina y el material de aporte derretido se transfiere a través de arco en forma de gotas muy finas. El diámetro de estas gotas es más o menos igual al diámetro del alambre electrodo.



EQUIPO PARA EL PROCESO MIG.

El equipo utilizado para este proceso es similar al equipo del proceso TIG, solamente cambia el sistema de alimentación del electrodo o material de aporte.



- A. Aparato generador de corriente continua, con unidad de alta frecuencia incorporada en el equipo.
- B. Gas de protección, de acuerdo al material base se escoge el tipo de gas de protección.
- C. Para refrigeración de la pistola, algunos equipos cuenta con enfriamiento por aire lo cual no requieren de la refrigeración por agua.
- D. Pistola o antorcha TIG, estas pueden tener una posición fija para soldar o tener un cuello movable para ajuste, también se eligen de acuerdo al amperaje de la maquina generalmente son de 200 y 350 amperes.
- E. Material de aporte generalmente es un micro alambre.
- F. El cable de tierra que se coloca en la pieza de trabajo.

METODOLOGÍA Y PLANEACIÓN DEL PROCESO

Para soldar por el procedimiento MIG hay que seguir un determinado orden de operaciones, independientemente del tipo de trabajo que se realice.

Básicamente, pueden resumirse en las siguientes:

1. Ajustar el voltaje, la velocidad de alimentación y el caudal de gas protector a los valores requeridos por el tipo de soldadura que se pretenda realizar la exigencia de una mayor o menor aportación de calor, puede obligar a modificar la velocidad de alimentación durante la operación de soldadura.
2. regular al valor adecuado la longitud de la parte terminal del hilo.
3. Cebado arco y desplazar la pistola a lo largo de la junta, con una velocidad uniforme y manteniéndola en la posición correcta. Si el cebado del arco no se realiza correctamente, el hilo puede pegarse a la pieza, o incluso bloquear el tubo de contacto. Cuando se presenta esta anomalía, debe cortarse la corriente y liberar el hilo.

4. Desplazar la pistola a lo largo de la junta, por el método a derecha, o a izquierda, dirigiendo el hilo hacia la parte delantera del baño y controlando si la aportación se realiza en el centro del chorro de gas, para conseguir una protección adecuada.
5. Soltar el pulsador, o el gatillo de la pistola, al llegar al final del cordón. Esto interrumpe la circulación de corriente y la alimentación de alambre. No obstante debe mantenerse la pistola sobre la soldadura mientras sigue circulando gas, con vistas a proteger el metal fundido hasta la solidificación completa del baño.
6. para poner el equipo fuera de servicio, una vez finalizada la soldadura, seguir el siguiente proceso:
 - a. apagar el interruptor del sistema de alimentación de alambre
 - b. cerrar la botella de gas protector
 - c. pulsar el gatillo de la pistola, para descargar las canalizaciones
 - d. colgar la pistola en el soporte previsto
 - e. desconectar el generador de soldadura

COMO SELECCIONAR EL GAS PROTECTOR

El gas protector tiene un papel muy importante en el proceso de soldadura "MIG". Como en la mayoría de los procesos de soldadura es crítico que se protejan de la atmósfera los materiales que están siendo fundidos, una protección inadecuada da como resultado porosidad y soldaduras quebradizas.

No solamente es importante proteger la soldadura, también seleccionar el gas idóneo es crítico. Generalmente se selecciona el gas de acuerdo al tipo y espesor del material a soldar. A pesar de que existen muchos gases y mezclas para el proceso MIG, las siguientes recomendaciones se basan en las características eléctricas, tipos de material y espesores a soldar que están dentro de las capacidades de esta máquina.



GAS PARA ALAMBRE DE ACERO SÓLIDO

Ya sea para acero de medio o bajo carbón, desde lámina delgada hasta 1/2 " de espesor nuestra recomendación primaria es una mezcla de 75% Argón y 25% Bióxido de Carbono.

Esta mezcla ayuda a prevenir que sea distorsionado o perforado un material muy delgado, sin embargo provee una buena penetración en materiales gruesos. Su característica de evitar chisporroteo excesivo da como resultado un acabado limpio. Además, permite un buen control del cordón de soldadura cuando se suelda en posición vertical o sobre la cabeza.

Una alternativa para soldar acero puede ser puro bióxido de carbono. Sin embargo, éste no debería ser usado para soldar materiales de menos de 1/8" de espesor o en aplicaciones donde la presentación sea importante.

El uso de bióxido de carbono puro produce mayor chisporroteo, humo, mayor penetración, por lo cual es necesario incrementar la velocidad del cordón de soldadura. La perforación del material es un problema frecuente cuando se sueldan espesores menores a 1/8".

NO DEBE USARSE CONCENTRACIONES DE ARGON EN PROPORCIÓN MAYOR A 75% EN ACERO. El resultado será una baja penetración, porosidad y fragilidad de la soldadura.

GAS PARA ALUMINIO

La recomendación para proteger una soldadura de aluminio es argón puro. No se debe soldar aluminio con la mezcla de argón / bióxido de carbono (recomendado para acero).

GAS PARA ACERO INOXIDABLE

El mejor gas para soldar acero inoxidable es una mezcla de 90% de Helio, 7.5% Argón y 2.5% Bióxido de Carbono.

También puede ser usada la mezcla recomendada para soldar acero 75% argón 25% bióxido de carbono, aunque habrá un incremento en el área calentada por la soldadura causando una mayor distorsión en los metales base. También pueden disminuir las características de no-corrosión del acero inoxidable.

GAS PARA ALAMBRE DE BRONCE SILICÓN

Se debe usar solamente puro argón cuando suelde con este tipo de alambre.

COMO SELECCIONAR EL ALAMBRE PARA SOLDAR

Es importante escoger un tipo de alambre que sea compatible con el metal que se va a soldar (metal base). Si el alambre es incompatible con el metal base, las características más importantes, como penetración y resistencia pueden verse afectadas.

1.- SELECCIÓN DE ALAMBRE DE ACERO SÓLIDO

Los alambres recomendables para la mayoría de los aceros de bajo y medio contenido de carbón son los de clasificación E70S-3 y E70S-6.

Estos tipos son muy similares, aunque el E70S-6 tiende a trabajar un poco mejor sobre material ligeramente sucio y sobre lámina donde generalmente se requieren cordones más tersos.

Estas diferencias sin embargo, son muy sutiles, así que para usos generales ambos tipos son recomendables.

2.- SELECCIÓN DE ALAMBRE DE ALUMINIO

La selección del alambre de aluminio es mucho más compleja que la del acero, primeramente por la gran variedad de aleaciones que existen. También porque la aleación más recomendable para soldar no es necesariamente la misma que la del metal que se va a soldar. Debido a la gran variedad de aleaciones, un problema singular es el de identificar la aleación del metal base.

El tipo de la aleación es generalmente representada por un número de cuatro dígitos y puede ser obtenido del proveedor o fabricante de la pieza a soldar. Si no se puede conseguir el tipo de aleación, la selección del alambre se hará con el método ensayo-error. La otra recomendación es buscar ayuda con alguien que haya tenido experiencia previa con alguna soldadura similar.

Después de haber obtenido el tipo de aleación, refiérase al cuadro de la siguiente página para encontrar el alambre recomendado.

NOTA: Se asume que las partes a soldar son de las misma aleación. Sin embargo, es posible soldar materiales de diferente aleación, si es esto lo que se pretende, se debe poner en contacto con el distribuidor de la soldadura para una asesoría más adecuada.

3.- SELECCIÓN DE ALAMBRE DE ACERO INOXIDABLE

Cuando se suelda acero inoxidable, la aleación de soldadura debe ser la misma que la del material base. Como el aluminio, el tipo de está representado por un número de cuatro dígitos y puede ser obtenido del fabricante o distribuidor de las partes a soldar.

4.-SELECCIÓN DE ALAMBRE DE BRONCE-SILICON

El uso más popular para la aplicación de Bronce por sistema MIG es la de uso en reparación de carrocerías. La soldadura de bronce silicón es muy similar a la producida con oxi-acetileno, es bastante plana y fácil de esmerilar para obtener el resultado deseado.

La recomendación para esta aplicación para esta aplicación es ERCuSi-A, clasificación de la American Welding Society

5.- SELECCIÓN DE ALAMBRE CON NÚCLEO FUNDENTE

El uso de alambre con núcleo de fundente está recomendado para ser usado sin gas protector. Esto es particularmente útil en condiciones donde hay fuertes corrientes de aire y no funciona adecuadamente el gas protector. Sin embargo, produce mayor chisporroteo que el alambre sólido usado con gas protector, y produce una cascarilla sobre el cordón de la soldadura que debe ser removido La recomendación sería el tipo E71T-11 de la A.W.S.

VENTAJAS

1. Puesto que no hay escoria y las proyecciones suelen ser escasas, se simplifican las operaciones de limpieza, lo que reduce notablemente el costo total de la operación de soldadura. En algunos casos, la limpieza del cordón resulta más cara que la propia operación de soldeo, por lo que la reducción del tiempo de limpieza supone una sensible disminución de los costos.
2. Fácil especialización de la mano de obra. En general, un soldador especializado en otros procedimientos, puede adquirir fácilmente la técnica de la soldadura MIG en cuestión de horas. En resumen, todo lo que tiene que hacer el soldador, se reduce a vigilar la posición de la pistola, mantener la velocidad de avance adecuada y comprobar que la alimentación de alambre se verifica correctamente.
3. Gran velocidad de soldadura, especialmente si se compara con el soldeo por arco con electrodos revestidos. Puesto que la aportación que se realiza mediante un hilo continuo, no es necesario interrumpir la soldadura para cambiar el electrodo. Esto no sólo supone una mejora de la productividad, sino que también disminuye el riesgo de defectos. Hay que tener en cuenta que las interrupciones, y los correspondientes empalmes, son, con frecuencia, origen de defectos tales como inclusiones de escoria, faltas de fusión o fisuraciones en el cráter.

4. La gran velocidad del procedimiento MIG también influye favorablemente en el aspecto metalúrgico de la soldadura. Al aumentar la velocidad de avance , disminuye la amplitud de la zona afectada por el calor, hay menos tendencia al aumento del tamaño de grano, se aminoran las transformaciones de estructura en el metal base y se reducen considerablemente las deformaciones.
5. El desarrollo de la técnica de transporte por arco corto permite la soldadura de espesores finos, casi con tanta facilidad como por el procedimiento TIG.
6. Las buenas características de penetración del procedimiento MIG permiten la preparación con bordes más cerrados, con el consiguiente ahorro en material de aportación, tiempo de soldadura y deformación. En las uniones mediante cordones en ángulo también permite reducir el espesor del sordón en relación con otros procedimientos de soldeo.

APLICACIONES DEL PROCESO MIG

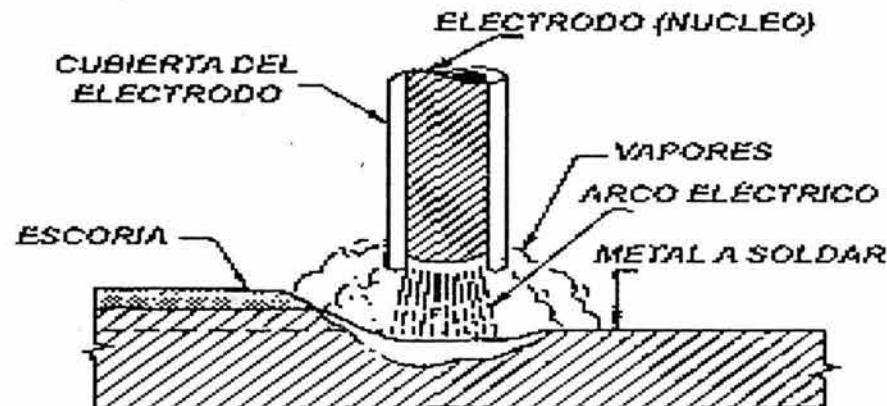
El procedimiento de soldadura MIG es de los que tiene mayor aceptación en la mayor parte de los metales, la facilidad que presenta este procedimiento para elaborar uniones de calidad ha generado y evolucionado en las técnicas de soldadura nuevas opciones para la unión de metales por un proceso de soldadura al arco. Una de las cualidades que destaca más del proceso es la facilidad de mecanización del proceso, lo cual permite reducir en gran parte los costos de fabricación.

En los metales que puede usarse este método es el acero al carbono, aluminio, aceros inoxidable y cobre. Para la aplicación de este proceso en acero al carbono puede realizarse desde espesores finos entre 1 y 3 mm, espesores intermedios desde 3 y 6mm y para espesores mayores desde 6mm; para la aplicación de este proceso se debe recurrir a la preparación de superficies de acuerdo al espesor del metal base; para aplicación en aluminio se debe trabajar con bordes más juntos, esto es, a la fluidez que del aluminio y utilizar intensidades de corrientes más bajas, para espesores hasta 25mm el gas más recomendable es el argón, para espesores más gruesos entre 25 y 50mm las mezclas de argón y helio debe ser a partes iguales. Para la soldadura en cobre suele reducirse a los productos desoxidados; para soldar espesores finos el gas protector a utilizar es el argón y para espesores de 25mm en adelante la mezcla del gas debe ser de 65% de helio y 35% de argón.

3.3 SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO.

La soldadura por arco se le conoce desde fines del siglo pasado como ya se ha mencionado anteriormente; en esa época se utilizaba una varilla metálica descubierta que servía de metal de aporte, pronto se descubrió que el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera eran causantes de fragilidad y poros en el metal soldado, por lo que al núcleo metálico se le agregó un revestimiento que al quemarse se gasificaba, actuando como atmósfera protectora, a la vez que contribuía a mejorar notablemente otros aspectos del proceso.

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



Fundamentos y teoría de la soldadura al arco con electrodo revestido.

Este proceso se define como un método de soldar con un arco eléctrico, en donde la unión del metal se produce por el calentamiento del arco eléctrico, entre el electrodo de metal revestido y la pieza o trabajo a soldar.

La atmósfera que protege al arco se obtiene de la composición de revestimiento del electrodo y que también es conocido como fúndente. El metal de relleno se obtiene del mismo electrodo al fundirse con el material de la pieza o trabajo a soldar. Este proceso se controla manualmente y funciona para soldar en todas posiciones. Metales: Acero dúctil, Aluminio, Hierro colado, Recubrimientos duros e inoxidable de 3.2 mm (1/8") y mayores.

Función.

El electrodo revestido en el proceso de arco metálico protegido tiene cuatro funciones básicas

- *Establecer el arco eléctrico con el metal base.*
- *Dirigir y controlar el arco eléctrico según lo requieran las piezas por soldar*
- *Proporcionar el metal de aporte*
- *Proteger el cordón de soldadura*

Constitución

Se pueden distinguir tres partes en el electrodo revestido: núcleo, revestimiento e identificación .

Núcleo del electrodo

El núcleo del electrodo está constituido por un alambre metálico que conduce la corriente eléctrica y permite establecer el arco eléctrico. El intenso calor del arco hace que se funda progresivamente la punta del alambre y que en forma de pequeñas gotas se deposite en el cordón de soldadura, proporcionando así el material de aporte.

El metal del núcleo depende del tipo de metal base que se requiere soldar. Si es acero generalmente se usará acero y si es aluminio el núcleo será aluminio. El calibre de diámetro del electrodo se mide en el núcleo y al mismo tiempo determina la intensidad de corriente en amperios en promedio que deben utilizarse.

En cuanto a la longitud de los electrodos la medida más usual es la de 356mm (14") existiendo además electrodos de 229 mm (9") y de 457mm (10 ")

Revestimiento del electrodo

El revestimiento del electrodo cumple diversas funciones al soldar con arco metálico protegido (eléctrica):

Estabiliza el arco: facilita el encendido y el mantenimiento constante del arco.

Genera una pantalla de gases de protección que evita la contaminación del cordón por el oxígeno y nitrógeno del aire.

Proporciona fuentes que eliminan los óxidos de impurezas de material y forman escoria que retarda el enfriamiento brusco del cordón.

Determina las condiciones de operación del electrodo. Determina las características del cordón.

Identificación

En muchos lugares del mundo, la identificación de electrodos se efectúa utilizando en primer lugar un nombre comercial o sea la identificación particular que arbitrariamente le asigna cada fabricante y en cada segundo lugar un nombre genérico el cual se forma siguiendo los lineamientos establecidos por la A.W.S (Sociedad Americana de Soldadura) .

E - 9018B3

E - 6010

E - 71T - 1

EQUIPO PARA EL PROCESO DE ELECTRODO REVESTIDO.



1. Aparato generador de corriente alterna.
2. Porta-electrodo, estos tienen diferentes posiciones para fijar el electrodo, también se eligen de acuerdo al amperaje de la maquina generalmente son de 200 y 350 amperes.
3. El cable de tierra que se coloca en la pieza de trabajo.
4. Ajuste de intensidad de corriente con manivela.
5. Selector de polaridad.

METODOLOGÍA Y PLANEACIÓN DEL PROCESO DE ELECTRODO REVESTIDO

Para soldar por el procedimiento manual o por electrodo revestido hay que seguir un determinado orden de operaciones, independientemente del tipo de trabajo que se realice.

Básicamente, pueden resumirse en las siguientes:

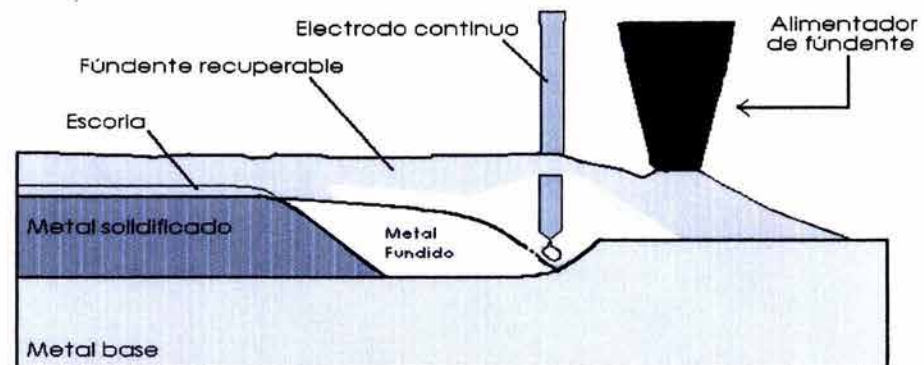
1. Ajustar el voltaje a los valores requeridos por el tipo de soldadura que se pretenda realizar la exigencia de una mayor o menor aportación de calor, puede obligar a modificar la velocidad de alimentación durante la operación de soldadura.
2. Regular al valor adecuado la longitud de la parte terminal del hilo
3. Ceban arco y desplazar el porta-electrodo a lo largo de la junta, con una velocidad uniforme y manteniéndola en la posición correcta. Si el cebado del arco no se realiza correctamente, el electrodo puede pegarse a la pieza. Cuando se presenta esta anomalía, debe cortarse la corriente y liberar el porta-electrodo
4. Desplazar el porta-electrodo a lo largo de la junta, por el método a derecha, o a izquierda, dirigiendo el electrodo hacia la parte trasera del baño y controlando si la aportación se realiza en el centro del centro de la junta, para conseguir una aplicación adecuada.
5. para poner el equipo fuera de servicio, una vez finalizada la soldadura, seguir el siguiente proceso:
 - a. Desconectar el generador de soldadura
 - b. Colgar el porta-electrodo en un soporte previsto

3.4 SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO.

Proceso de Soldar por Arco Sumergido (SAW) Este proceso genera el calor por medio de un arco eléctrico, producido entre un alambre sólido y los metales a unir. El arco es sumergido en un fundente en polvo que lo protege del medio ambiente, por lo que no existe emisión de rayos luminosos. Se caracteriza por:

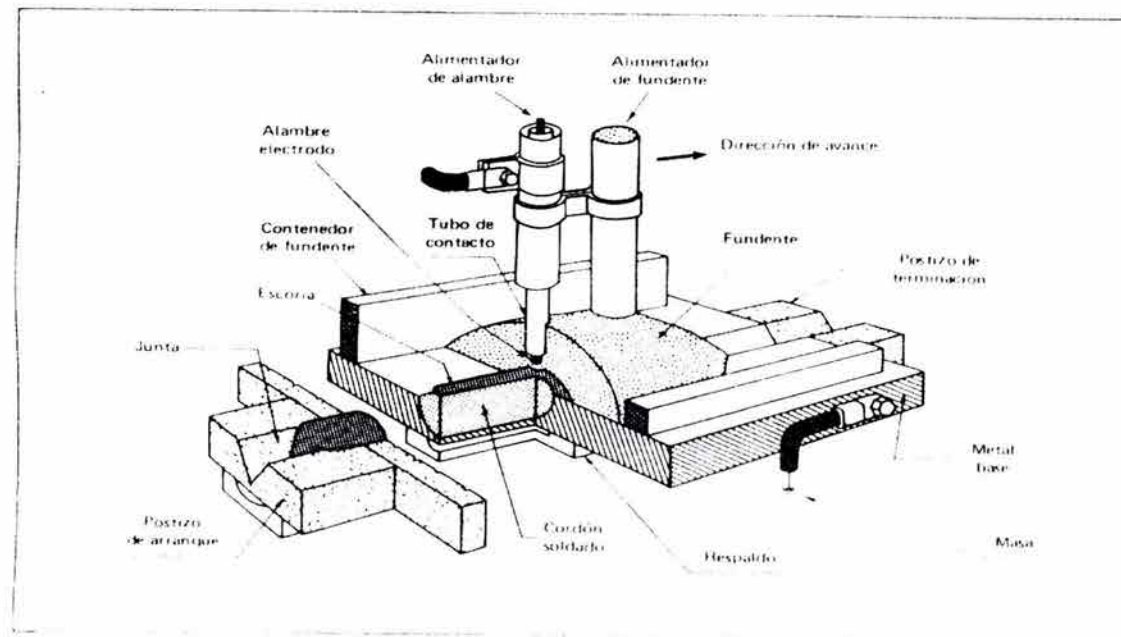
- * Alta tasa de depósito (20 Kg/hr).
- * Empleo de alambres sólidos de hasta 1/4 de diámetro.
- * El proceso generalmente es automático.

Se emplea para soldar, a altas velocidades, placas de gran espesor, por lo que es utilizado en la fabricación de puentes y estructuras para edificios.



DESCRIPCIÓN GENERAL.

En este proceso de soldadura se utiliza el metal de aportación en forma de varillas o bobinas de alambre desnudos y el arco y el metal fundido permanecen debajo de una capa de fúndente pulverizado, que protege de la corrosión. En una sola pasada se puede soldar planchas gruesas. "Este procedimiento fue puesto a punto entre 1935 y 1940, tanto en los Estados Unidos como en Rusia" ⁹, su principio se establece entre un hilo continuo que se introduce en un polvo fúndente y la pieza cubierta con dicho fúndente. El hilo es decir el alambre que generalmente es de color cobrizo va enrollado en una bobina llamada devanera, el alambre se va desenrollando a medida que se va fundiendo, estando regulados por dispositivos automáticos.



⁹ SOLDADURA INDUSTRIAL: CLASES Y APLICACIONES. PERE MOLERA SOLA

FUNDAMENTO Y TEORÍA DE LA SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO.

Como en los demás procesos de soldadura por arco, este es un proceso en el cual el calor es aportado por un arco eléctrico generado entre uno o más electrodos y la pieza de trabajo. Dicho arco se encuentra sumergido en una capa de fúndente granulado que lo cubre totalmente protegiendo el metal depositado durante la soldadura. De aquí el nombre del proceso de soldadura.

Este proceso es de alta dilución en el que aproximadamente se funde dos veces más metal base que el electrodo revestido. El proceso llega a utilizar intensidades de 200 a 2000 amperes, hoy en día estas intensidades extremadamente elevadas no son utilizadas generalmente por distintas razones, relacionadas principalmente con la metalurgia del depósito, y se prefiere depositar el metal en capas para aprovechar la ventaja de la normalización resultante del recalentamiento.



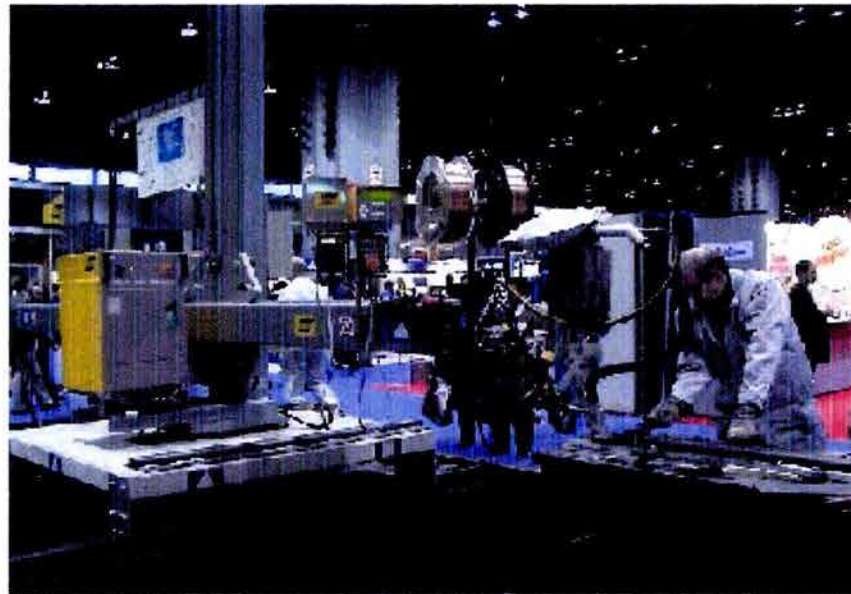
Cualquier proceso de arco abierto que trabaje con intensidades de corriente por encima de los 300 amperes debe utilizarse con precaución, porque el arco es una intensa fuente de luz, como ya se ha mencionado, ya que contiene un elevado contenido de radiación infrarroja y ultravioleta.

En este proceso (Arco Sumergido) no es visible el arco y tales precauciones son innecesarias. Por la misma causa el operario no puede ver el baño y juzgar el avance de la soldadura; para esto debe de confiar en que el ajuste sobre la unión permanece constante o en su caso se debe de ajustar previa y cuidadosamente la trayectoria del cabezal de soldadura con respecto a la unión; de acuerdo a su experiencia del operario o de acuerdo a las instrucciones del manual del equipo.



La cantidad de polvo fúndente fundido durante la soldadura es aproximadamente la misma en peso del alambre fundido, y se deja sobre el cordón de soldadura como una capa de escoria vítrea. Bajo esta escoria el metal soldado tiene una superficie lisa, casi sin ondulaciones, debido al alto aporte de calor que produce un baño de soldadura grande que solidifica lentamente en contacto con la escoria relativamente fluida.

Las soldaduras obtenidas mediante este proceso de soldadura por arco sumergido se destacan por su apariencia limpia y contornos lisos. El polvo fúndente no fundido durante la operación de soldadura se recupera para utilizarlo nuevamente, pero debe tenerse cuidado que no esté contaminado. Cuando se realiza soldaduras en superficies inclinadas o cerca de los cantos es necesario un estante o dispositivo similar para soportar el fúndente.

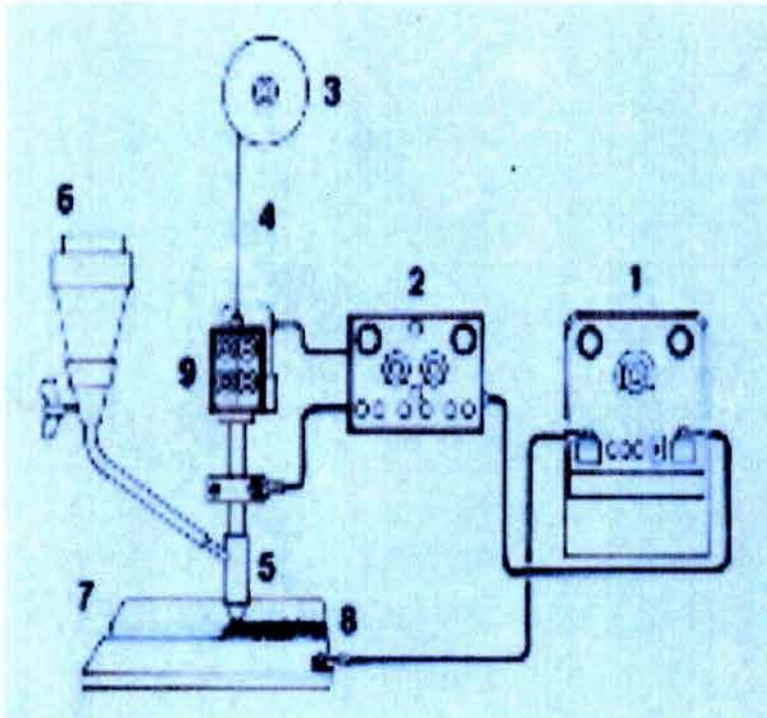


Proceso Arco Sumeraido Automatizado

PROCEDIMIENTO ARCO SUMERGIDO.

1. La corriente eléctrica es conducida entre el electrodo y la pileta fundida a través de un plasma gaseoso inmerso en el fúndente.
2. La potencia es suministrada por un generador, un transformador-rectificador ó un transformador y se conduce al alambre electrodo a través del tubo de contacto, produciéndose así el arco entre el electrodo y el metal base.
3. El arco del arco funde el electrodo, el fúndente y parte del metal base, formando la pileta de soldadura que conforma la junta.
4. En este equipo existe un mecanismo que ejerce tracción sobre el alambre y lo conduce a través del tubo de contacto y de la capa de fúndente hasta el metal base.
5. Los alambres utilizados son generalmente aceros de bajo carbono y de composición química perfectamente controlada; el alambre se encuentra usualmente enrollado en una bobina.
6. El fúndente se va depositando delante del arco a medida que avanza la soldadura de manera automática.
7. Cuando se solidifica, se extrae el exceso para utilizarlo nuevamente y el fundido se elimina mediante un piqueteado.
8. En los equipos actuales existe una aspiradora que recoge el excedente de fúndente y lo envía nuevamente a la tolva de alimentación.

EQUIPO PARA EL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO.



Fuente de poder; corriente continua o corriente alterna. (CC o CA)

1. Sistema de control.
2. Porta carrete de alambre. (bobina)
3. Alambre electrodo.
4. Boquilla.
5. Recipiente para fúndente.
6. Metal base.
7. Fúndente.
8. Alimentador de alambre.

METODOLOGÍA Y PLANEACIÓN DEL PROCESO.

Para iniciar el procedimiento de arco sumergido hay que tener un determinado orden de las actividades a seguir para cualquier tipo de proceso que realice.

Para el inicio del proceso de arco sumergido pueden resumirse en las siguientes actividades a seguir:

1. Comprobar todas las conexiones del circuito de soldadura, para asegurarse de que están en buenas condiciones y conectadas correctamente.
2. Seleccionar el tipo y el diámetro del electrodo y de boquillas adecuadas. (seguir las recomendaciones del fabricante)
3. Llenar el depósito de fúndente.
4. Ajustar previa y cuidadosamente el voltaje o intensidad de corriente.
5. Ajustar la velocidad de alimentación del alambre.
6. Ajustar velocidad de desplazamiento del cabezal.
7. Ajustar la alimentación del fúndente.
8. Una vez preparado el equipo accionar el pulsador; el cual inicia el depósito de fúndente sobre la pieza y se activa la alimentación del alambre y se establece el arco.

VENTAJAS DEL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO.

Las ventajas que ofrece el proceso de arco sumergido son:

1. Las juntas pueden ser preparadas en "V" con poca profundidad debido a la elevada penetración del proceso, obteniéndose con esto un menor consumo de alambre y fúndente.
2. El proceso puede realizarse a altas velocidades debido a la elevada intensidad con que se opera en la mayoría de las aplicaciones.
3. No es necesario que el operario tenga una protección especial para la emisión de radiaciones ya que el arco está sumergido dentro del fúndente.
4. Soldaduras de buen aspecto.
5. El fúndente actúa como un desoxidante protegiendo el arco y aportando elementos de aleación al cordón en el caso de emplear fundentes aleados.
6. Alta velocidad y rendimiento: con electrodos de 5/32" y 3/16" a 800 y 1000 amperes se logra depositar hasta 15 Kg. de soldadura por hora; con electrodos de 1/4" y 1300 amperes, se depositan hasta 24 Kg. por hora.
7. Propiedades en la soldadura; este proceso permite obtener depósitos de propiedades comparables o superiores a las del metal base.
8. Aunque normalmente se aplica de forma automática, también puede soldarse semiautomáticamente. Cuando la soldadura se realiza semiautomáticamente, se sigue una técnica operatoria similar a la del procedimiento MIG.

DESVENTAJAS DEL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO.

Este proceso tiene algunas limitaciones que son:

1. Muchas de las soldaduras requieren de algún tipo de respaldo para evitar la perforación del metal base.
2. En este proceso la preparación de las piezas lleva mayor tiempo que en otros procesos.
3. Este proceso se recomienda para soldar espesores mayores de 5mm.
4. En este proceso solo se recomienda para posiciones plana y horizontal; aunque en ciertos casos se puede implementar un dispositivo para retener el fundente cuando las piezas tienen una pequeña inclinación.



APLICACIÓN

La soldadura por arco sumergido ha encontrado su principal aplicación en los aceros suaves de baja aleación, aunque con el desarrollo de fundentes adecuados el proceso se ha usado también para el cobre, aleaciones a base de aluminio y titanio, aceros de alta resistencia, aceros templados y revenidos y en muchos tipos de aceros inoxidables. También se aplica para recubrimientos duros y reconstrucción de piezas. Es un método utilizado principalmente para soldaduras horizontales de espesores por encima de 5mm, en los que las soldaduras sean largas y rectas. Pueden soldarse espesores hasta doce milímetros sin preparación de bordes mientras que con preparación de bordes el espesor máximo a unir es prácticamente ilimitado.

El propio cabezal de soldadura puede moverse sobre el trabajo en un vehículo autopropulsado ó en un puente ó el trabajo se hace girar bajo el cabezal de soldadura estacionario.

Este método es ampliamente utilizado, tanto para soldaduras a tope como en rincón, en construcción naval e industrias de recipientes a presión, estructuras metálicas, tubos y tanques de almacenaje; para esta última finalidad se utilizan máquinas especiales autopropulsadas, con un dispositivo para contener el fundente, para soldar las costuras circulares en plaza.

SELECCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE SOLDADURA

La selección de condiciones de soldadura más conveniente para el espesor de chapa y preparación de junta a soldar es muy importante, a los efectos de lograr soldaduras libres de defectos tales como fisuras, poros y socavación lateral.

Las variables a ser consideradas son las siguientes:

POLARIDAD:

Con corriente continua positiva, CC(+) se logra mayor penetración, mejor aspecto superficial y mayor resistencia a la porosidad.

Con corriente continua negativa, CC(-) se obtiene mayor velocidad de deposición con menor penetración.

CORRIENTE DE SOLDADURA:

Determina en forma directa la penetración y la velocidad de deposición, aumentando ambas con el incremento de corriente.

DIÁMETRO DEL ALAMBRE:

Para una corriente dada, aumentando el diámetro se reduce la penetración pero el arco se torna más inestable y se dificulta su encendido.

TENSIÓN DE ARCO

Al aumentar la tensión se incrementan la dilución y el ancho del cordón y disminuye la sobremonta lográndose un cordón ancho y plano. Al mismo tiempo aumenta la cantidad de fundente que se funde con igual cantidad de alambre, lo que afecta a la composición química del metal de soldadura en el caso se emplear fundentes activos. Los voltajes excesivamente pequeños hacen que el arco muera completamente bajo la superficie de la plancha, de modo que la penetración tiene una sección transversal en forma de tulipa.

El voltaje de trabajo normal para soldar a tope es de 35 Voltios a 1000 A.

VELOCIDAD DE AVANCE:

Al aumentar la velocidad de traslación del arco disminuye el ancho del cordón y la penetración, incrementándose el riesgo de porosidad. Las velocidades excesivas se traducen en cordones mordidos y rugosos ó picudos.

LONGITUD LIBRE DEL ALAMBRE:

Con un incremento de la longitud libre del alambre, se aumenta la velocidad de deposición y decrece la penetración.

INCLINACIÓN DEL ALAMBRE:

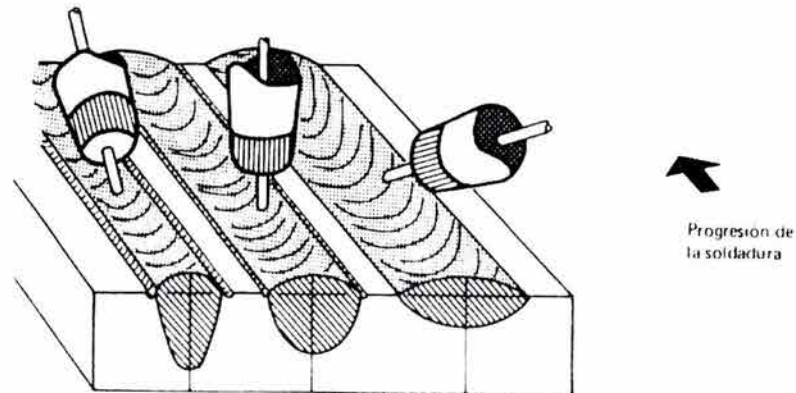
Tiene un efecto considerable sobre la penetración y sobre las eventuales socavaduras.

En la siguiente figura se muestra su incidencia.

ESPESOR DE LA CAPA DE FUNDENTE:

Una cama de fundente de poco espesor puede producir porosidad por una inadecuada protección del metal fundido. Por otro lado, una cama muy gruesa desmejora el aspecto del cordón y puede conducir a derrames del metal fundido en soldaduras circunferenciales y producir dificultades para la remoción de la escoria en chaflanes profundos.

Angulo del alambre	Arrastrando	Vertical	Empujando
Penetración	↓	↑	↑
Sobremonta	↑	↓	↓
Socavaduras	↑	↓	↓



ALAMBRE PARA ELECTRODO

El alambre para soldadura por arco sumergido se emplea en forma de bobinas y esté cobreado; esto evita la oxidación superficial en el almacenaje y proporciona seguridad en el contacto eléctrico; con poca resistencia entre el alambre de soldar y los contactos de cobre a través de los cuales se conduce la corriente. El diámetro del hilo utilizado depende fundamentalmente de la intensidad de corriente de soldadura necesaria y puede situarse entre 5mm de diámetro, para corriente de 150 A, a 10mm de diámetro, para una corriente de 3000 A.

El cordón de soldadura es ligeramente más estrecho con un alambre delgado que con un alambre grueso con la misma intensidad de corriente, pero el efecto principal del tamaño del alambre reside en su penetración.

La composición de los alambres para soldadura por arco sumergido depende del material que se suelda, puesto que los elementos aleados se añaden generalmente al alambre y no al fundente. En este proceso las variaciones en la técnica pueden alterar las relaciones de las cantidades fundidas de plancha alambre y fundente. Cuando se utilizan alambres altamente aleados, por ejemplo, aceros inoxidables, puede ser necesario añadir compuestos de los elementos aleantes al fundente, para disminuir las reacciones metal-escoria que pueden traducirse en pérdidas de los elementos aleantes hacia la escoria.

FUNDENTES

Los fundentes para la soldadura por arco sumergido están granulados a un tamaño controlado y pueden ser de tipo fundido, aglomerado ó sinterizado. Originalmente se utilizaban fundentes fundidos, machacados y calibrados; atribuyéndoseles las ventajas de estar totalmente libres de humedad y no ser higroscópicos. Tanto la composición química como el estado de división de los fundentes tienen una importante influencia sobre la forma de comportarse en la soldadura.

Los fundentes aglomerados se hacen mezclando los constituyentes, finamente pulverizados, con una solución acuosa de un aglomerante tal como silicato sódico; la finalidad es producir partículas de unos pocos milímetros de diámetro formados por una masa de partículas más finas de los componentes minerales. Después de la aglomeración el fundente se seca a temperatura de hasta 800 °C.

Los fundentes sinterizados se hacen calentando componentes pulverizados a temperaturas justo por debajo del punto de fusión de algunos de los componentes. Las temperaturas alcanzadas durante la fabricación limitan los componentes de los fundentes. Para fundir un fundente las temperaturas deben ser tan altas que los carbonatos y muchos otros minerales se descomponen, por lo cual los fundentes básicos que llevan carbonatos deben hacerse por alguno de los otros procedimientos, tales como aglomeración.

Se ha sabido durante años que la baja tenacidad se favorece con el uso de fundentes ácidos y que los fundentes de elevado contenido en silicio tienden a comunicar oxígeno al metal soldado. Inversamente los fundentes básicos dan un metal soldado limpio, con pocas inclusiones no metálicas, y, consecuentemente, de elevada tenacidad:

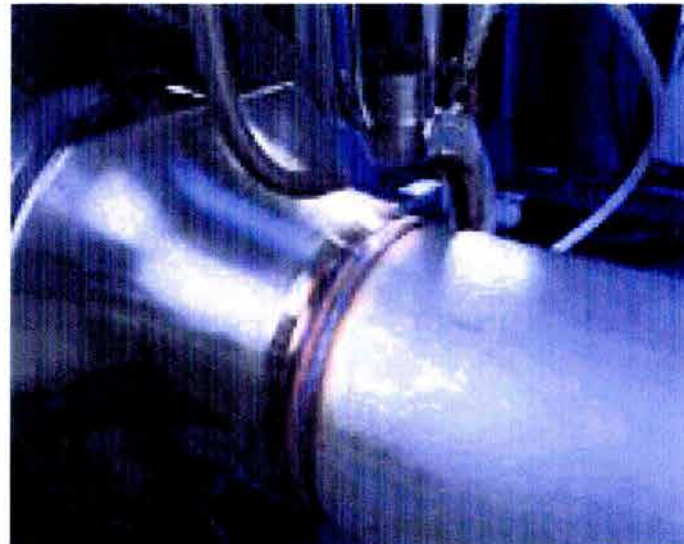
Tanto la composición del fundente como su estado de división influyen en el control de la porosidad. El proceso de arco sumergido es generalmente más susceptible a la porosidad causada por superficies herrumbrosas y sucias que el proceso de arco abierto. Ello es debido a que con el proceso de arco abierto el vapor de agua y los productos gaseosos, que abandonan la plancha por el calor de la soldadura, pueden escapar; mientras que en el arco sumergido tienden a ser retenidos bajo el cojín de fundente. Por esta razón es por lo que fundentes que tienen la mayor tolerancia a la oxidación y suciedad son también los que tienen mayor permeabilidad, lograda usando un grado grueso de gran regularidad.

Sin embargo, cuando es necesario soldar utilizando intensidades elevadas se requiere un fundente que cubra más estrechamente, para dar un buen cierre al arco; esto se logra utilizando un tamaño de partículas lo más fino posible y una mayor variedad en tamaños, para aumentar el cierre de recubrimiento.

3.5 SOLDADURA ARCO PLASMA.

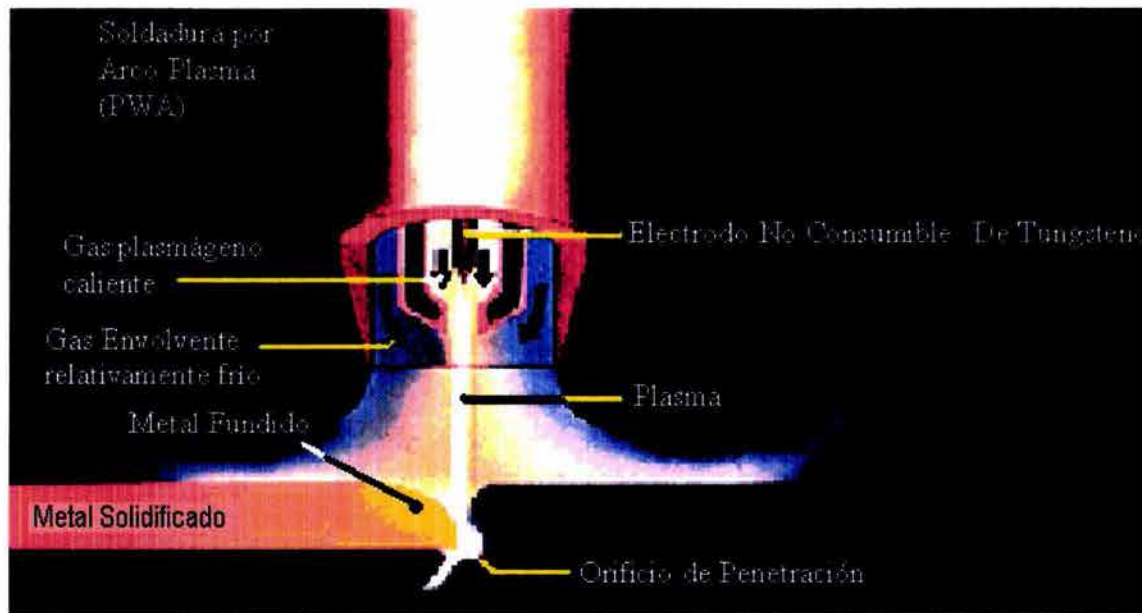
El proceso de soldadura por arco de plasma (PAW), es muy semejante al proceso de soldadura por electrodo de tungsteno y gas inerte (TIG), realmente el proceso de arco de plasma es una evolución del proceso TIG; el cual esta diseñado para incrementar la productividad en los procesos de soldadura.

En este proceso a diferencia del TIG, el empleo del gas es un poco más complejo, ya que dos tipos de gas son los empleados para este proceso, los cuales trabajan por separado cada uno cumpliendo con una función diferente.



Descripción general

El término plasma designa una atmósfera gaseosa a alta temperatura ionizada, constituida de iones positivos y de electrones. Es una atmósfera globalmente neutra, que forma la parte más grande de la columna de arco, y a través de ella se efectúa el paso de la corriente.



Esta designación después ha evolucionado, y se aplica con más precisión al estado de alta densidad de energía provocada por el estrechamiento mecánico de un arco eléctrico. Hay numerosas aplicaciones derivadas de este principio, utilizando las altas temperaturas finales de la vena plasma y la alta densidad de energía.

FUNDAMENTOS Y TEORÍA DE LA SOLDADURA CON PLASMA.

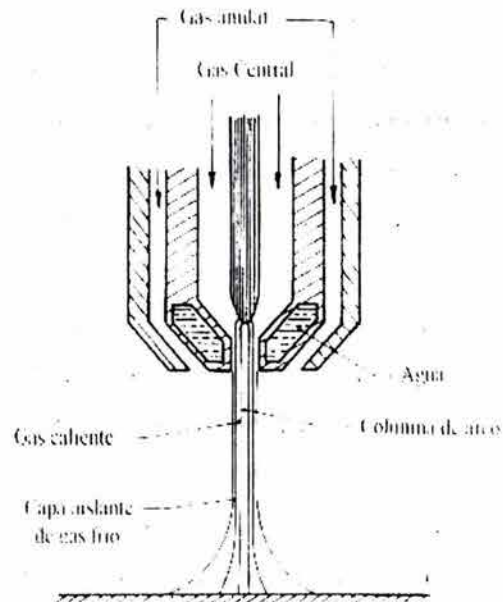


Fig. 1- Arco plasma transferido

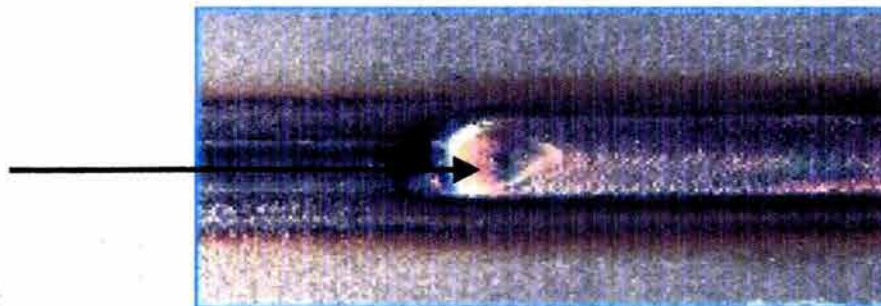
El término plasma significa la ionización o, eventualmente, la disociación de un gas convertido en conductor de electricidad. El estado del plasma se obtiene mediante el establecimiento de un arco eléctrico de elevada potencia entre un cátodo y un ánodo en una tobera, que forma parte de una antorcha refrigerada, dicha concentración de energía se consigue contrayendo el arco a base de hacerlo saltar desde el interior de una boquilla por la que se inyecta un chorro de gas. De esta forma se obtiene un núcleo central a elevada temperatura y se introduce el **gas plasmágeno**. Un extremo de la cámara es un electrodo de material conductor perforado en su centro para proporcionar un chorro de plasma. **Un segundo gas** relativamente frío, que puede ser de naturaleza idéntica o diferente de el primero según las aplicaciones, circula entre la tobera y el tubo y aísla termodinámicamente el plasma. Este gas también tiene la función de proteger el cordón de soldadura (fig. 1).

El núcleo súper calentado se localiza en una zona muy estrecha y tiene un gran poder de penetración, por lo que se permite realizar uniones a tope, hasta unos 40mm o 1-1/2" de espesor, en una sola pasada, sin preparación de bordes ni aportación de material.

En alguna medida, la soldadura con plasma puede considerarse como una variante de soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa(TIG). La principal diferencia radica en que la soldadura con plasma utiliza un arco contraído y esta contracción del arco es la que permite obtener una aportación de calor mucho mayor.

En pocas palabras; el arco plasma viene a ser un chorro de gas a gran velocidad, por el que circula una corriente eléctrica de elevada densidad. Al incidir sobre las piezas provoca un pequeño agujero que penetra en todo el espesor de las mismas. A medida que se avanza a lo largo de la junta, el metal fundido alrededor del agujero va cerrándose por detrás del arco, es necesario mantener el agujero durante toda la operación de soldeo.

Orificio de
penetración

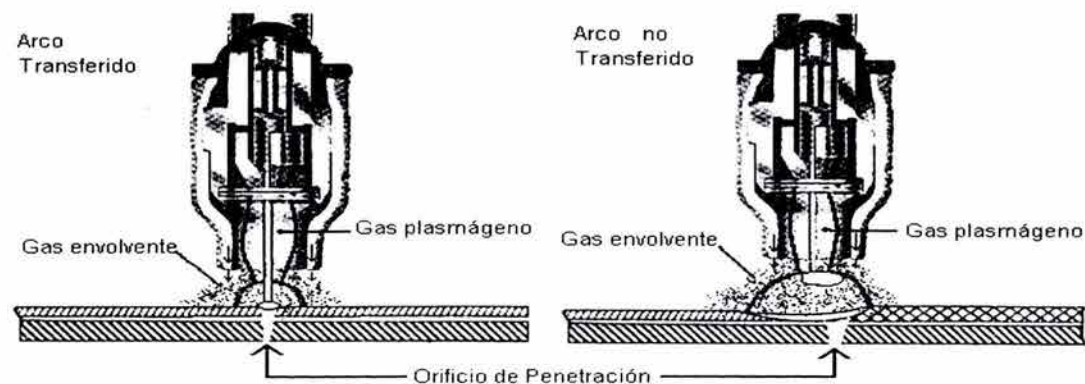


PROCEDIMIENTO DEL ARCO PLASMA

El arco de plasma puede ser:

1. Transferido. Esto es, que salta entre el electrodo y la pieza de soldadura; es decir que se establece un arco estrangulado entre el electrodo y la pieza de trabajo, en cuyo caso esta última se encuentra en el circuito eléctrico; este sistema se adapta mejor a cualquiera de los casos conocidos, por lo que es el más usado frecuentemente.

2. No transferido o soplado. Es decir que salta entre el electrodo y la tobera (boquilla), por lo que la pieza de soldadura no se encuentra en el circuito eléctrico; este sistema se adapta mejor a espesores pequeños.



Estos tipos de transferencia pueden ser usados de tres maneras diferentes como:

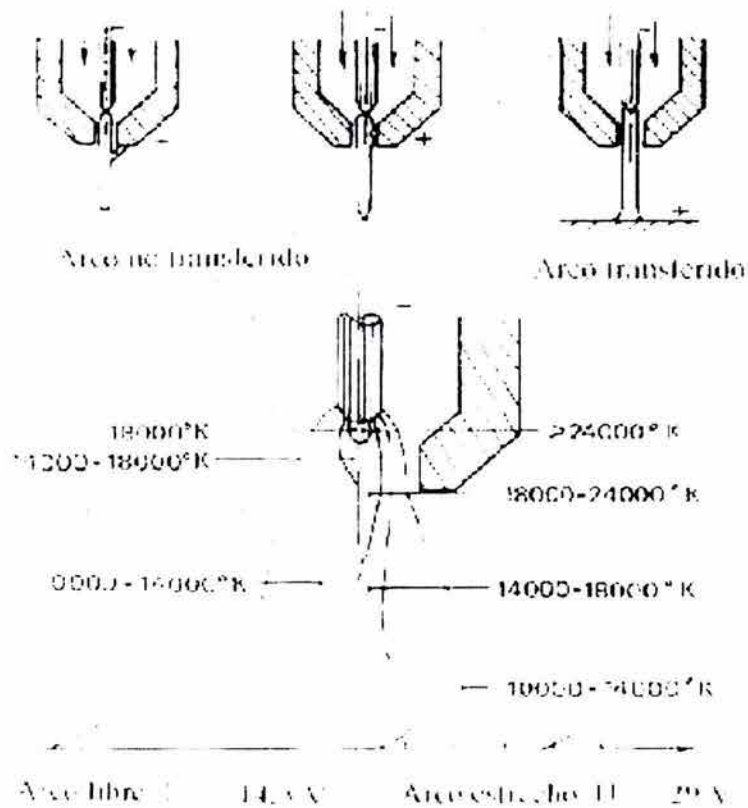


Fig. 2 Temperaturas en diferentes regiones del arco
(0.001 - 200 A.)

1. Soldadura Microplasma; con corrientes de soldadura de entre 0.1 amperes hasta 20 amperes.
2. Soldadura de Plasma-Mediano; con corrientes de soldadura de entre 20 amperes hasta 100 amperes.
3. Soldadura de Cerradura; por encima de 100 amperios, donde el arco de plasma penetra el espesor de la pared. Es muy usado, por dejar juntas de calidad, en la industria de la aviación, industria espacial, procesos, industrias químicas y las industrias petroleras.

La aplicación de este proceso depende esencialmente, como en cualquier proceso del espesor a soldar:

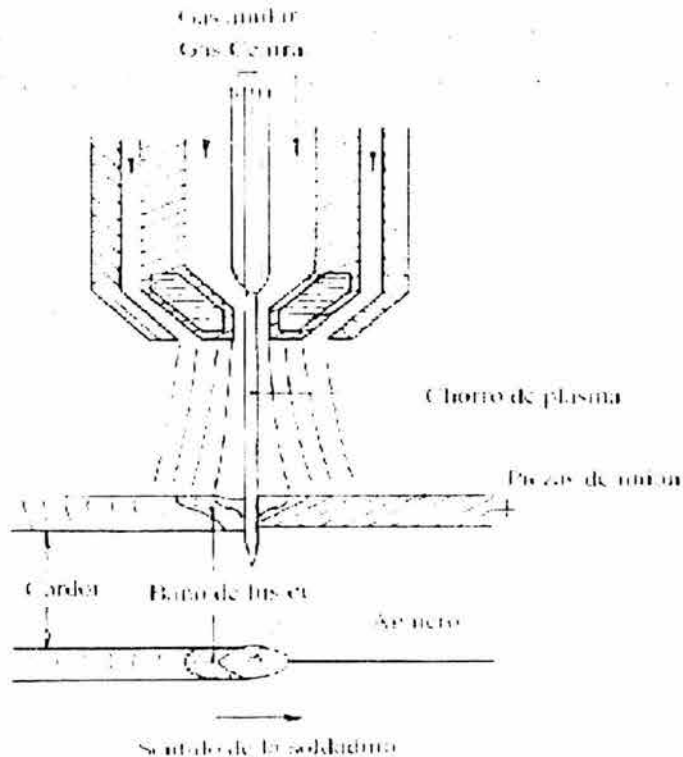


Fig. 3. - Principio del key-hole

En espesores inferiores a 3 mm: El cordón de penetración se obtiene por progresión del baño de fusión a través del espesor a soldar. Las intensidades de soldadura puestas en funcionamiento son débiles y por esta razón el plasma no puede salir .

En espesores superiores a 3 mm.: En este dominio, la técnica más interesante es la del key-hole (agujero de cerradura) por la cual el chorro de plasma atraviesa en todos los espesores las piezas a unir (fig. 3).

El metal de fusión se vuelve a echar hacia atrás donde es enfriado formando el cordón de soldadura. La seguridad de obtener una buena penetración y correlativamente de suprimir todo soporte en el reverso es su principal ventaja.

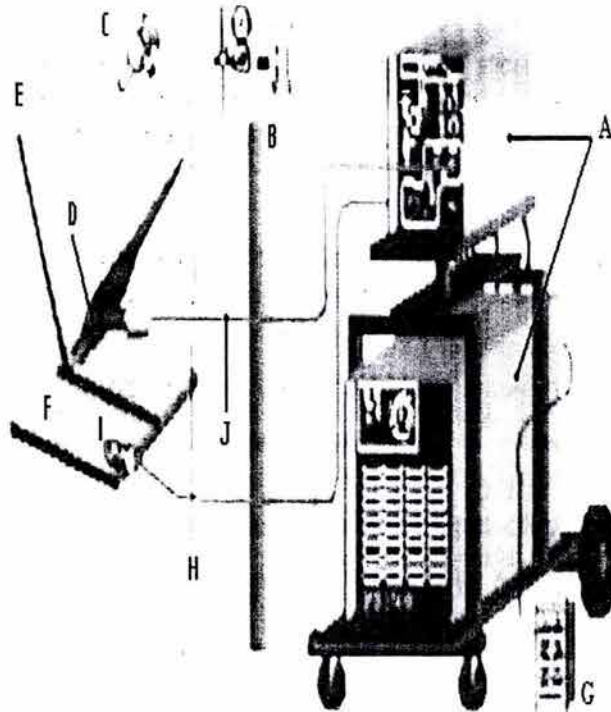
EQUIPO PARA EL PROCESO DE ARCO PLASMA.

Como ya se ha mencionado anteriormente la similitud del proceso de arco plasma con el proceso TIG; en el equipo utilizado para arco plasma tampoco existe mucha diferencia física pero si en algunas características técnicas.



- ✓ Aparato generador de corriente continua, con unidad de alta frecuencia incorporada y en algunos equipo esta integrada dentro del generador.
- ✓ Gas de protección, de acuerdo al material base se escoge el tipo de gas de protección.
- ✓ Suministro de agua para refrigeración de la pistola, algunos equipos cuenta con enfriamiento por aire lo cual no requieren de la refrigeración por agua.

EQUIPO PARA EL PROCESO DE ARCO PLASMA Continuación:



- ✓ Pistola o antorcha PLASMA, estas pueden tener una posición fija para soldar o tener un cuello movable para ajuste, también se eligen de acuerdo al amperaje de la maquina generalmente son de 200 y 350 amperes.
- ✓ Material de aporte generalmente son barrillas que se seleccionan de acuerdo al material base.
- ✓ Material base o material a soldar.
- ✓ Control remoto, que sirve para que el soldador pueda ajustar los valores desde su lugar de trabajo.
- ✓ Es el drén del sistema de enfriamiento por agua, I es el cable de tierra que se coloca en la pieza de trabajo, J es el conductor de energía para producir el arco eléctrico y también para suministrar el gas protector.

Una instalación de soldadura plasma está constituida de tres componentes principales, debiendo responder a las imposiciones específicas del procedimiento:

1) LA TORCHA O PISTOLA DE SOLDADURA:

Es el centro de elevadas temperaturas, y debe ser capaz de evacuar una energía térmica relativamente importante pues se estima que influye en el rendimiento del procedimiento entre el 50 y el 60%.



Pese a ello, deberá ser pensada como un mecanismo de precisión y cada elemento será reemplazable en pocos minutos por un ajustador o un operador especializado. Falta añadir que una torcha de soldadura plasma debe ser robusta para trabajar en ambientes a veces hostiles. Deben tener una intensidad de 350 A al 100%; evidentemente debe asegurarse una protección eficaz del metal fundido.

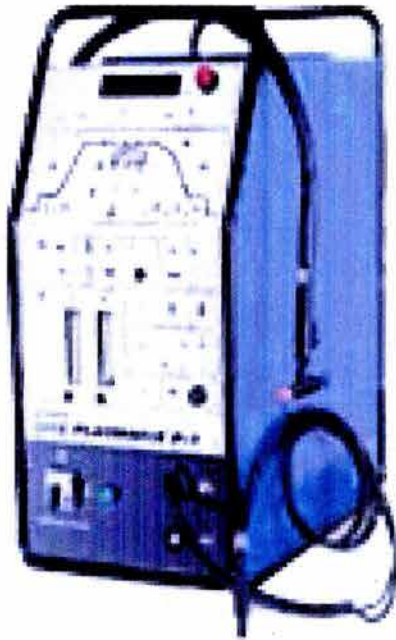
Una refrigeración correcta alargada la duración del electrodo y de la boquilla

El portaelectrodos, esta especialmente diseñado para soldadura por arco-plasma, puede aplicarse en soldadura manual o montarse sobre columnas o carros para realizar soldaduras automáticas.

2) LA FUENTE DE CORRIENTE:

Como generador se utiliza un rectificador convencional con un factor de marcha elevado. Para accionar automáticamente los distintos elementos de la instalación se requiere un equipo especial de control. El circuito de refrigeración por agua suele llevar una bomba que asegure el caudal y presión adecuados.

Para estar perfectamente adaptada al procedimiento plasma, debe tener las siguientes características:



- ✓ Tensión en vacío mínima de 80 V a fin de asegurar una transferencia fiable del arco de potencia y sin sobre intensidad.
- ✓ Característica dinámica vertical o de fuerte pendiente (corriente regulada); más adelante se hará para las variaciones de tensión de red de $\pm 10\%$ y para su propio calentamiento, dentro de un límite de temperatura ambiente de 40°C .
- ✓ Regulación a distancia, sea por potenciómetro a disposición del operador, sea a partir de una consigna eléctrica producida por un órgano exterior (autómata programable, por ejemplo).
- ✓ Posibilidad de programación de la intensidad débil en el arco plasma a fin de evitar los arrancamientos de tungsteno al cebado cuando el cátodo está frío, y a fin de cerrar el key-hole en el final de la soldadura.
- ✓ Posibilidad de pulsar la corriente para ciertos casos de aplicación que vamos a examinar a continuación.

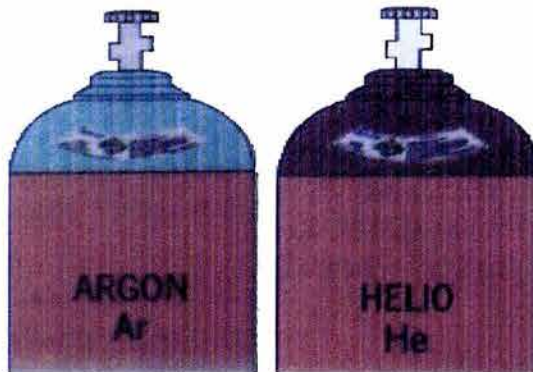
3) CIRCUITOS DE ALIMENTACIÓN DE REGULACIÓN DE GAS PLASMÓGENO:

La naturaleza de los dos gases utilizados en soldadura plasma tiene un aspecto determinante del resultado.

También se sabe que los caudales, y en particular los de gas plasmógeno, son también importantes porque son dos factores que regulan el grado de aislamiento del arco plasma.

El caudal de gas plasmógeno puede variar entre 2 y 10 lts/min. y que la precisión necesaria en torno del valor determinado es del orden de $\pm 10\%$; esta tolerancia está determinada sin combinación con ninguna otra; aquéllas que puedan ser admitidas, por ejemplo para la intensidad de arco, la velocidad de soldadura, el diámetro de la tobera, el espesor a soldar o la distancia de preparación.

Esto demuestra la atención que debemos poner a este parámetro, en particular si es en caso de cerrar el key-hole, porque es necesario controlar la variación decreciente del caudal de gas al final de soldadura.



Para precisar este punto, recordamos que el caudal nominal debe caer a un valor residual de 1 a 2 lts/min. en un tiempo controlado del orden del segundo.

Sólo un dispositivo electrónico de mando relativamente sofisticado, asociado a un servo-mecanismo de respuesta rápida, puede realizar esta función con un dispositivo fijando la programación del caudal del gas.

Más allá de estos tres puntos que debemos considerar como determinantes en soldadura al arco plasma, no debemos olvidar otras funciones que contribuyen al buen resultado del proceso como:

- ✓ Control de la distancia torcha-pieza.
- ✓ Aporte del metal complementario.
- ✓ Dispositivo de refrigeración del agua en circulación con la torcha.
- ✓ Mecanismo de puesta en movimiento de la torcha o de la pieza a soldar.

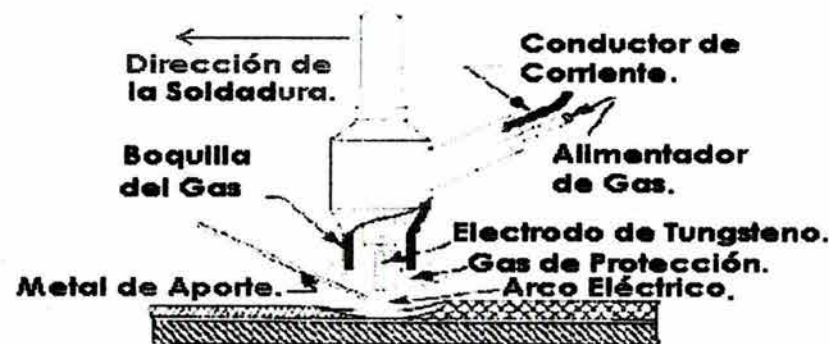
Esto sin olvidar la gestión en el tiempo de todas estas funciones entre ellas.

La alimentación de gas puede ser con argón o con helio. En algunas aplicaciones se utiliza el argón como gas plasmágeno y el helio como gas protector. Sin embargo, en la mayoría de los casos suele utilizarse el argón para ambas funciones.

METODOLOGÍA Y PLANEACIÓN DEL PROCESO

Antes de iniciar la soldadura hay que realizar las comprobaciones y reglajes siguientes:

1. Comprobar todas las conexiones del circuito de soldadura, para asegurarse de que están correctas.
2. Elegir el diámetro de electrodo y de boquillas adecuados (seguir las recomendaciones del fabricante)
3. Ajustar el electrodo en el portaelectrodos, de forma de que sobresalga la longitud adecuada al tipo de junta a realizar. En uniones a tope debe sobresalir entre 3 y 5 mm; y en uniones en ángulo interior, unos 6 a 10mm.
4. Comprobar que el electrodo está firmemente sujeto a la pinza. Esta comprobación puede realizarse apoyando el extremo del electrodo sobre una pieza y apretando con el portaelectrodos. Si el electrodo se mueve hacia el interior de la boquilla debe corregirse el apriete. No apretar excesivamente la boquilla. Puede deteriorarse la rosca.
5. Ajustar el generador a la intensidad de corriente adecuada
6. Si se emplea portaelectrodos refrigerado por agua, abrir el paso de agua.
7. Abrir el paso de gas inerte y regular el caudal adecuadamente.



APLICACIONES DE LA SOLDADURA POR ARCO-PLASMA.

La técnica de soldeo por arco-plasma es aplicable a los aceros inoxidable, aceros al carbono, metal Monel, Inconel, titanio, aluminio y aleaciones, cobre, latón, etc. Aunque en muchos casos la soldadura se realiza sin material de aportación, en otros, como las uniones en ángulo, puede aplicarse material en forma de varilla o de hilo continuo; las aplicaciones más usuales de este proceso son:

- ✓ Soldadura longitudinal de tubos de diferentes espesores y en diferentes aleaciones aplicada en instalaciones automatizadas con altas velocidades de producción cercanas a 1m/min. En función del espesor.
- ✓ Soldadura orbital de tuberías por refusión de bordes en tubos de hasta 6mm de espesor en una sola pasada.
- ✓ Fabricación de recipientes de acero inoxidable para almacenamiento de diferentes productos.
- ✓ Soldadura de fuertes espesores a una sola pasada de materiales tales como titanio, cobre, níquel y aleaciones como cromo-níquel utilizando la técnica del key-hole.
- ✓ Soldadura de convertidores catalíticos de tubos de escape para automoción.

CAPITULO IV

DEFECTOS Y SOLUCIONES EN LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO.

CAPITULO IV

DEFECTOS Y SOLUCIONES EN LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO.

Hemos visto que existen ininidad de procesos de soldadura, así como los métodos de aplicación de estos mismo; los procesos de soldadura por arco eléctrico son en algunos casos similares, ya que el método de aplicación que utilizan es similar, porque el fundamento de cada uno de ellos estriba en el arco eléctrico que utilizan cada uno de ellos aunque su forma de iniciarlo sea diferente.

Otra similitud que existe entre estos proceso son los defectos que tienen algunas soldaduras; estos defectos pueden ser ocasionados por la inexperiencia de algunos soldadores, malas preparaciones de las piezas, una mala selección del electrodo y de su diámetro, instalaciones o equipo inadecuado, etc. pero para cada defecto debemos tener una solución; esto que quiere decir, que al tener un defecto estamos realizando alguna metodología incorrecta, por lo que debemos aceptar en primer lugar nuestro error, es nuestro error porque nosotros somos los que debemos verificar e inspeccionar cada uno de los pasos para la aplicación de un proceso de soldadura como se menciona en el capítulo II.

Para solucionar nuestros defectos en los procesos de soldadura a continuación se explican algunos de los defectos más usuales con algunas de sus posibles soluciones.

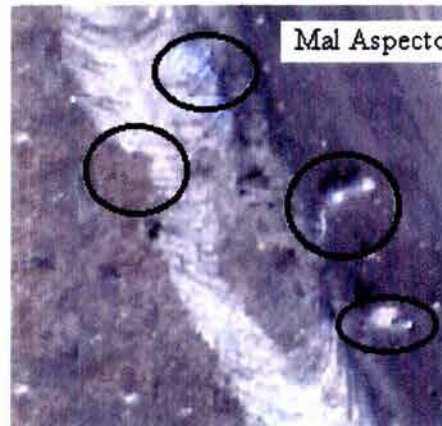
4.1 Mal Aspecto

Causas probables:

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

Soluciones:

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



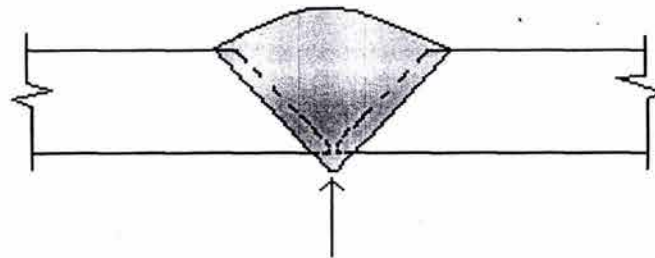
4.2 Penetración excesiva

Causas probables:

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

Soluciones:

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



Penetración excesiva

4.3 Salpicadura excesiva

Causas probables:

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

Recomendaciones:

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



4.4 Arco desviado

Causas probables:

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

Soluciones:

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



4.5 Soldadura porosa

Causas probables:

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

Soluciones:

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



4.6 Soldadura agrietada

Causas probables:

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

Soluciones:

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

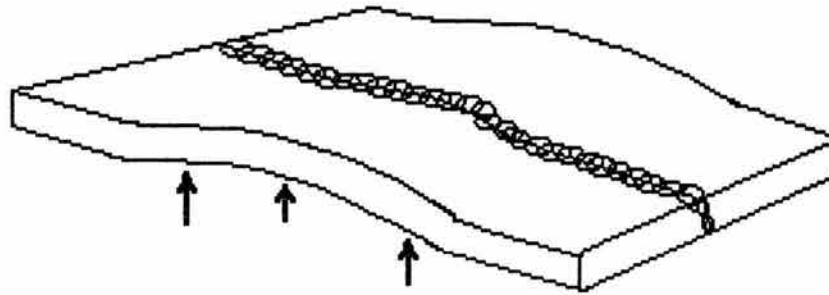
4.7 Combadura

Causas probables:

1. Diseño inadecuado
2. Contracción del metal de aporte
3. Sujeción defectuosas de las piezas
4. Preparación deficiente
5. Recalentamiento de la unión

Soluciones:

1. Corregir el diseño
2. Martillar (con martillo de peña) los bordes de la unión antes de soldar
3. Aumentar la velocidad de trabajo (avance)
4. Evitar la separación excesiva entre piezas
5. Fijar las piezas adecuadamente
6. Usar un respaldo enfriador
7. Adoptar una secuencia de trabajo
8. Usar electrodos de alta velocidad y moderada penetración



4.8 Soldadura quebradiza

Causas probables:

1. Electrodo inadecuado
2. Tratamiento térmico deficiente
3. Soldadura endurecida al aire
4. Enfriamiento brusco

Soluciones:

1. Usar un electrodo con bajo contenido de hidrógeno o de tipo austenítico
2. Calentar antes o después de soldar o en ambos casos
3. Procurar poca penetración dirigiendo el arco hacia el cráter
4. Asegurar un enfriamiento lento



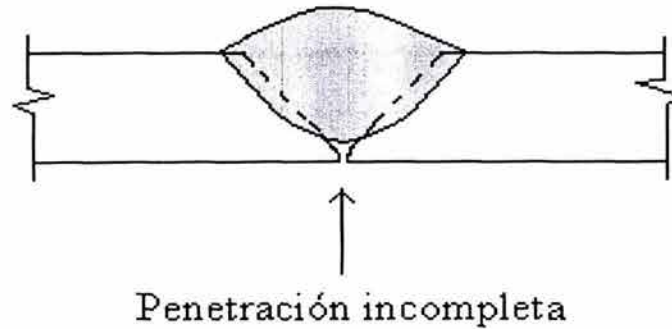
4.9 Penetración incompleta

Causas probables:

1. Velocidad excesiva
2. Electrodo de ϕ excesivo
3. Corriente muy baja
4. Preparación deficiente
5. Electrodo de ϕ pequeño

Soluciones:

1. Usar corriente adecuada. Soldar con lentitud necesaria para lograr buena penetración de raíz
2. Velocidad adecuada
3. Calcular correctamente la penetración del electrodo
4. Elegir un electrodo de acuerdo con el tamaño de bisel
5. Dejar suficiente separación en el fondo del bisel



4.10 Fusión deficiente

Causas probables:

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

Soluciones:

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

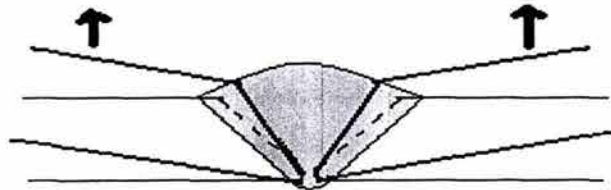
4.11 Distorsión (deformación)

Causas probables:

1. Calentamiento desigual o irregular
2. Secuencia inadecuada en la operación
3. Contracción del metal de aporte

Soluciones:

1. Sujetar las piezas con pinzas o puntear la unión.
2. Conformar las piezas antes de soldar
3. Eliminar las tensiones resultantes de la conformación
4. Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme
5. Disponer una secuencia lógica de trabajo



4.12 Socavado

Causas probables:

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

Soluciones:

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

4.13 Problemas Potenciales del Gas Protector.

1. **Gas defectuoso.**- Como cualquier otro producto un cilindro de gas puede resultar defectuoso. La humedad y otras impurezas del gas pueden causar soldaduras de poca penetración, porosas y de baja resistencia.

El único remedio es reemplazar el cilindro defectuoso.

2.- **Cambio en la composición.**- El problema existe únicamente con los cilindros que contienen una mezcla de dos o más gases.

La composición de un cilindro puede cambiar si el cilindro se almacena a temperaturas muy bajas.

La mezcla 75% Argón 25% Bióxido de Carbono no debe ser almacenada a menos de 5°C , estos cambios pueden traer como consecuencia una serie de problemas como poca penetración, porosidad y baja resistencia. El único remedio es reemplazar el cilindro.

3.- **Protección insuficiente del gas.**- Puede crear varios problemas. Los síntomas son los mismos, poca penetración, porosidad y fragilidad.

4.14 Problemas Potenciales del Equipo MIG.

Soldadura sucia, frágil, con poca o ninguna penetración.

Causas probables.

1. Válvula del cilindro cerrada.
2. Cilindro vacío o casi vacío
3. Conexiones del gas flojas.
4. Manguera con fugas.
5. Boquilla tapada.
6. Regulador congelado.
7. Regulador defectuoso.
8. Volumen muy bajo (gasto).
9. Corriente de aire soplando.

Soluciones.

1. Abra la válvula.
2. Cambie el cilindro.
3. Apriete las conexiones.
4. Corrija o cambie manguera.
5. Limpie o cambie la boquilla.
6. Derrita el hielo, mantenga tibio con un foco.
7. Corrija o cambie el regulador.
8. Incremente el gasto.
9. Pruebe incrementando el gas fuera del cordón.

No se inicia el arco.

Causas probables.

1. Ciclo de trabajo excedido.
2. Falso contacto en el cable de tierra, o conexiones flojas, terminales del transformador o de alimentación.
3. Conector del maneral suelto.
4. Interruptor principal abierto (off).
5. Interruptor defectuoso.

Soluciones.

1. Permita que la soldadora se enfríe y vigile el ciclo de trabajo.
2. Elimine falsos contactos y apriete las conexiones.
3. Conecte correctamente el maneral.
4. Cierre los interruptores (on).
5. Reemplace el interruptor defectuoso.

Se atora el alambre.

Causas probables.

1. Punta de contacto de otra medida.
2. Maneral mal Alineado en el alimentador.
3. Guía del maneral obstruida o dañada.
4. Punta de contacto tapada o dañada.

Soluciones.

1. Elegir punta de contacto de acuerdo al diámetro del alambre.
2. Alinear el maneral de acuerdo a las instrucciones de ensamble.
3. Si esta obstruida límpiela de lo contrario cámbiela.
4. Si esta tapada límpiela de lo contrario cámbiela.

Arquec de la boquilla al tocar la superficie de trabajo.

Causas probables.

1. Escoria acumulada en la boquilla.

Soluciones.

1. Si esta obstruida o tapada límpiela de lo contrario cámbiela

CAPITULO V

COSTOS EN LA SOLDADURA.

CAPITULO V
COSTOS EN LA SOLDADURA.

Cada trabajo de soldadura presenta al diseñador y calculista sus propias características y dificultades, por lo cual, el modelo de costos que a continuación se desarrollo, propone un rango de generalidad amplio que permite abarcar cualquier tipo de aplicación.

Por otro lado, se intenta enfocar el problema con un equilibrio justo entre la exactitud y la simplicidad, es decir proponiendo fórmulas de costos de fácil aplicación, aun cuando ello signifique eliminar términos de incidencia leve en el resultado buscado.

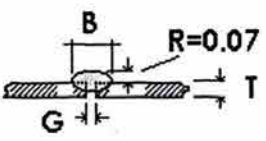
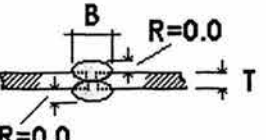
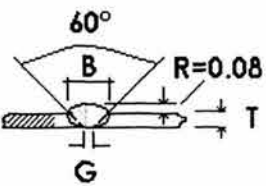
5.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS EN OPERACIONES DE SOLDADURA.

FORMULAS Base de Cálculo: metro lineal (ml)	
Costo Electrodo	$\frac{(\$) = P_{md} \text{ (Kg./ml)} \times \text{Valor Electrodo (\$Kg)}}{m. l. \quad \text{Eficiencia Deposición (\%)}}$
Costo M. O. Y G. Grales.	$\frac{(\$) = P_{md} \text{ (Kg./ml)} \times \text{Valor M. O. y G. G. (\$/hr)}}{m. l. \quad \text{Velocidad Deposición (Kg./hr)} \times \text{F. Operación (\%)}}$
Costos Gas	$\frac{(\$) = P_{md} \text{ (Kg./ml)} \times \text{flujo Gas (m}^3\text{/hr)} \times \text{Valor Gas (\$/m}^3\text{)}}{m. l. \quad \text{Velocidad de Deposición (Kg./hr)}}$
Costo Fundente	$\frac{(\$) = P_{md} \text{ (KG./ml)} \times \text{F. Uso (\%)} \times \text{Valor Fundente (\$/ Kg.)}}{m. l.}$

5.2 Peso metal depositado:

Cantidad de metal de aporte necesario para completar una unión soldada. Relación para determinar peso metal depositado.

$$P_{md} = \text{Área Seccional} \times \text{longitud} \times \text{densidad aporte.}$$

TIPO DE PREPARACIÓN	TAMAÑO DE LA UNIDAD EN PULGADAS			KILOS DE ELECTRODO NECESARIOS	
	ESESOR DEL METAL T	ANCHO DEL CORDÓN B	APERTURA RAÍZ G	POR METRO DE SOLDADURA	
				SIN REFUERZO LBS.	CON REFUERZO LBS.
	3/16	3/8	0	-----	0.238
	1/4	7/16	1/16	0.060	0.298
	5/16	1/2	1/16	0.074	0.342
	1/8	1/4	3/32	0.104	0.387
	3/16	3/8	1/16	0.089	0.402
	1/4	7/16	3/32	0.134	0.446
	1/8	1/4	0	-----	0.313
	3/16	3/8	1/32	0.045	0.357
	1/4	7/16	1/32	0.060	0.536
	5/16	1/2	1/16	0.104	0.580
	3/8	5/8	1/16	0.149	0.699
	1/2	1	3/32	0.208	0.789
	1/4	0.207	1/16	0.223	0.372
	5/16	0.311	3/32	0.461	0.685
	3/8	0.414	1/8	0.744	1.042
	1/2	0.558	1/8	1.295	1.711
	5/8	0.702	1/8	2.009	2.500
	3/4	0.847	1/8	2.887	3.497
	1	1.138	1/8	5.134	5.953

TIPO DE PREPARACIÓN	TAMAÑO DEL FILETE EN PULGADAS	KILOS DE ELECTRODOS NECESARIOS POR METRO LINEAL DE SOLDADURA		
		ELECTRODO	TUBULAR	SÓLIDO
	1/8	0.0729	0.051	0.045
	3/16	0.170	0.118	0.104
	1/4	0.287	0.198	0.176
	5/16	0.449	0.310	0.274
	3/8	0.646	0.443	0.394
	1/2	1.150	0.790	0.702
	5/8	1.793	1.234	1.097
	3/4	2.583	1.777	1.579
	1	4.594	3.159	2.813

5.3 Eficiencia de aportación:

Relación entre el metal efectivamente depositado y la cantidad en peso de electrodos requeridos para efectuar ese depósito. Ver tabla 5.10

Proceso	Eficiencia Deposition (%)
Electrodo Manual	60 - 70
MIG Sólido	90
MIG tubular c/protección	83
MIG Tubular s/protección	79
TIG	95
Arco Sumergido	98

5.4 Velocidad de deposición:

Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo.

MIG SÓLIDO		
DIÁMETRO DEL ELECTRODO (mm)	AMPERES	Kg/hora
0.8	52 - 110	1 - 1.8
0.9	55 - 150	0.9 - 2
1.2	100 - 300	0.9 - 5
1.6	200 - 350	2.9 - 6

MIG TUBULAR Con Protección			
DIÁMETRO DEL ELECTRODO (mm)	TIPO DE ELECTRODO	AMPERES	Kg/hora
2.0	E - 70T - 8	150 - 300	1 - 3
2.4	E - 70T - 8	155 - 350	1 - 2.9
2.4	E - 70T - 4	200 - 455	2.5 - 12
3.0	E - 70T - 4	300 - 525	4 - 11.5

MIG TUBULAR Con Protección		
DIÁMETRO DEL ELECTRODO (mm)	AMPERES	Kg/hora
1.2	150 - 250	1.9 - 4
1.6	155 - 350	1.9 - 4.9
2.4	250 - 520	2.7 - 9.10
3.2	400 - 650	5 - 9

Electrodo Manual		
ELECTRODO	AMPERES	Kg/hora
E - 6010	100 - 310	0.5 - 3
E - 6011	100 - 310	1 - 3.5
E - 6012	151 - 350	0.9 - 2.90
E - 6013	151 - 350	0.9 - 2.90
E - 6027	250 - 450	3.9 - 6.10
E - 7018	100 - 450	0.9 - 3.9
E - 7024	250 - 400	4 - 6
E - 7028	250 - 425	3.10 - 5.5

ARCO SUMERGIDO		
DIÁMETRO DEL ELECTRODO (mm)	AMPERES	Kg/hora
1.6	300 - 590	3 - 7.9
2.0	200 - 500	2 - 6.5
2.4	200 - 500	2.5 - 8.20
3.2	300 - 800	2.8 - 10.5
4.0	400 - 900	3.9 - 11.9
4.8	500 - 1200	4.9 - 17.5

5.5 Factor de operación

Se define como la relación entre el tiempo en que ha existido arco y el tiempo real o tiempo total pagado.

Proceso	Factor de Operación (%)
Electrodo Manual	5 - 30
MIG Sólido	10 - 60
MIG Tubular	10 - 60
TIG	5 - 20
Arco Sumergido	50 - 100

5.6 Flujo de gas:

Cantidad de gas necesario para protección por unidad de tiempo.

Proceso	Flujo de Gas (m ³ /hr)
MIG Sólido	0.8 - 1.2
MIG Tubular	1.0 - 1.4
TIG	0.5 - 1.0

5.7 Factor de Uso de Fundente:

Cantidad de fundente efectivamente empleado por Kg. De alambre depositado.

Proceso	Factor de Uso Fundente (%)
Arco Sumergido	80 - 100

En el diseño de fabricación de cualquier componente, hay tres consideraciones fundamentales que deben estar siempre presentes. **EFICIENCIA, COSTO Y APARIENCIA.**

5.8 COSTO DE SOLDADURA:

Es especialmente importante, cuando es alto, o cuando representa una proporción significativa del total estimado para un proyecto o un contrato. Como la soldadura esta relacionada directamente a otras operaciones, nunca debe ser considerada aisladamente. Cualquier operación de fabricación de productos incluye generalmente:

- ✓ Abastecimiento y almacenamiento de materias primas.
- ✓ Preparación de estos materiales para soldadura, corte, etc.
- ✓ Armado de componentes.
- ✓ Soldadura.
- ✓ Operaciones mecánica subsecuentes.
- ✓ Tratamientos Térmicos.
- ✓ Inspección.

Dado que cada una de estas operaciones representa un gasto, es posible representar la composición del costo total. El costo del material, costo de soldadura y operaciones mecánicas representan 30%, 40% y 15% aproximadamente del costo total; el costo de las tres últimas operaciones constituye solo un 15% del total.

Es por tanto evidente, que la operación de soldadura misma es importante y debe ser adecuadamente costeadada y examinada en detalle, para determinar donde efectuar reducciones efectivas de costo.

5.9 COMPOSICIÓN DEL COSTO DE SOLDADURA

Los principales componentes del costo de soldadura son:

- ✓ Costo de consumibles (electrodo, fundente gases de protección, electricidad, etc.)
- ✓ Costo de Mano de Obra.
- ✓ Gastos Generales.

Los dos primeros puntos de la composición de la soldadura son costos directos. Sin embargo, gastos generales incluye numerosos puntos indirectamente asociados con la soldadura, como son: depreciación, manutención, capacitación de personal, supervisión técnica, etc.



5.10 Costo de Consumibles

Al considerar que existen numerosos procesos de soldadura y que cada uno tiene rendimientos diferentes, la cantidad total de consumibles que deben ser adquiridos varía considerablemente entre uno y otro. La siguiente tabla indica los requerimientos de consumible para varios procesos de soldadura:

Proceso	Eficiencia de Deposición (%)	Pérdida de Electrodo k g		Electrodo (Kg)	Fundente (Kg)	Gas (m ³)
		Pérdida por colillas %	Eficiencia Electrodo			
Electrodo manual (celulósico)	60	12	48	155		
Electrodo manual (rútilico)	70 - 80	12	68 - 50	145 - 170		
Electrodo manual (bajo hidrógeno)	72	12	60	160 - 170		
MIG (cortocircuito)	93	2	91	110		17 - 42
MIG (Spray)	95	2	93	108		7 - 11
Tubular c/ protección	83	1	82	122		4 - 20
Tubular s/ protección	80	1	79	126		
Arco sumergido	99	1	98	102	85 - 100	

El único consumible cuyo costo no ha sido considerado es la energía eléctrica. Para todos los procesos de soldadura por fusión, puede ser considerado aproximadamente como 4,0 KW hr./_Kg. De soldadura de acero depositado. Esto toma en cuenta la pérdida de energía en el equipo, como también el máximo de carga KVA, y es por lo tanto un valor promedio.

Sin embargo , el costo de energía se puede determinar a través de la siguiente relación:

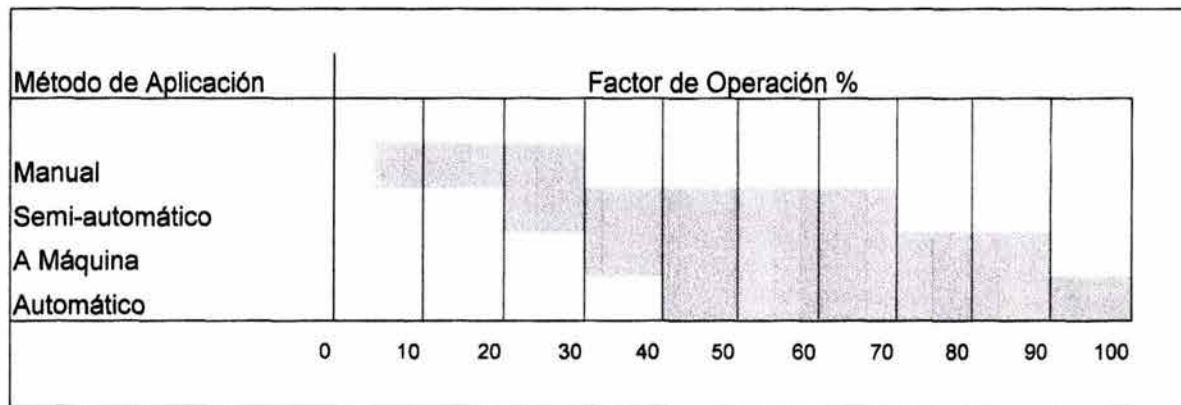
$$KWhora = \frac{Volts .x. Amperes .x. Factor .de. potencia .x. Tiempo .en. horas}{1.00}$$

5.11 COSTO MANO DE OBRA

Con excepción de ciertas aplicaciones Semi-automáticas, el costo de mano de obra, hoy en día, representa la proporción más significativa del costo total en soldadura. El costo de mano de obra para producir una estructura soldada, depende de la cantidad de Soldadura necesaria, Velocidad de Deposición, Factor de Operación y Valor de Mano de Obra.

El factor de operación ha sido definido como la razón entre el tiempo real de arco y tiempo total que se paga al operador expresado en porcentaje. Así el intervalo de factores de operación, dependerá del proceso de soldadura y su aplicación.

El diseño de la unión decide la cantidad de soldadura requerida y a menudo la intensidad de energía que se debe emplear al soldar. Sin embargo, los dos principales puntos que controlan los costos de mano de obra son velocidad de deposición y factor de operación.



COSTO DE CONSUMIBLES

Descripción de electrodo A.W.S.	Diámetro Electrodo En pulgadas	Precio Unitario Por \$ kilo	Descripción de electrodo A.W.S.	Diámetro Electrodo En pulgadas	Precio Unitario Por kilo
E - 6010	1/8	32.00	E - 7018	1/8	26.00
	5/32	32.00		5/32	26.00
	3/16	34.00		3/16	27.00
	3/32	39.00		3/32	27.00
E - 6011	3/32	40.00	E - 7024	1/8	32.00
	1/8	30.00		5/32	32.00
	5/32	30.00	E - 9018	1/8	54.00
E - 6013	3/32	32.00		3/32	52.00
	1/8	25.00		3/16	53.00
	5/32	26.00	E - 316 L	1/8	104.00
	3/16	30.00			

Descripción de electrodo A.W.S.	Diámetro Electrodo En pulgadas	Precio Unitario Por \$ kilo	Descripción de electrodo A.W.S.	Diámetro Electrodo En pulgadas	Precio Unitario Por kilo
Micro Alambre Aluminio	0.035"	18.89	Micro Alambre Inoxidable	0.035"	104.00
	0.045"	18.89		0.045"	104.00
	0.035"	107.00	Mic.Alm. Tubular	0.035"	34.00
	0.045"	107.00		0.045"	34.00

Descripción	Precio Unitario \$	Descripción	Precio Unitario
Aislador para antorcha	36.14	Chamarra de carnaza	221.79
Antorcha TIG para agua	1,297.00	Capucha de mezclilla	29.57
Antorcha TIG para gas	1,182.00	Careta de fibra de vidrio	152.79
Antorcha de 350 amperes	2,829.00	Cepillo de acero inox.	59.14
Antorcha de 400 amperes	2,497.00	Cepillo de alambre	18.07
Antorcha de 500 amperes	2,792.00	Cristal para careta sombras 10, 11, 12 y 14	8.27
Cable porta-electrodo 1/0	50.93 por metro	Cristal transparente	2.00
Cable porta-electrodo 2/0	64.07 por metro		

Descripción	Precio Unitario \$	Descripción	Precio Unitario
Cinzel de 7/8"	45.56	Porta-electrodo de 500 amperes	162.64
Cuello para antorcha	396.75	Puntas de contacto	12.06
Electrodo de tungsteno al 2% Thorio de 1/16"	16.43	Tapa para antorcha TIG	27.11
Electrodo de tungsteno al 2% Thorio de 1/8"	42.71	Tobera de arrastre	188.19
Electrodo de tungsteno al 2% Thorio de 3/32"	28.59	Tobera para antorcha	117.30
Electrodo de carbón para ARC-AIR	3.32	Válvula para antorcha	312.14
Gafas para soldador	63.14	Maquina de soldar 250 A. c.a. y c.d.	23,226.00 M.N.
Gafas de protección	50.00	Proceso TIG. MOD. M2-300	
Guante corto de carnaza	14.79	Maquina de soldar 250 A. c.a. y c.d.	19,407.00 M.N.
Guante largo de carnaza	16.43	Proceso MIG. MOD. MM-261	
Guía de alambre	197.14	Maquina Syncrowave 180SD	2,462.00 USD.
Mandil de carnaza	41.07	Proceso TIG.	
Mangas para soldador	41.07	Millermatic 251	1,750.00 USD.
Martillo de bola de 12 onz.	83.87	Proceso MIG.	
Piketa para soldador	32.86	Maquina de soldar 300 A. c.a.	17,226.00 M.N.
Pinza para tierra 300 amperes	98.93	Proceso Arco Manual	
Pinza para tierra 500 amperes	138.20		
Polainas para soldador	32.86		
Porta-electrodo de 300 amperes	146.21		

CASO PRACTICO PARA LA APLICACIÓN DEL MANUAL

CASO PRACTICO GENERAL

En el siguiente caso practico se costeara la fabricación de un equipo para la industria azucarera; cortesía de Proceso y Montaje S.A. de C.V.

Descripción.

La siguiente descripción es de acuerdo a las especificaciones proporcionadas en el dibujo de fabricación por el cliente.

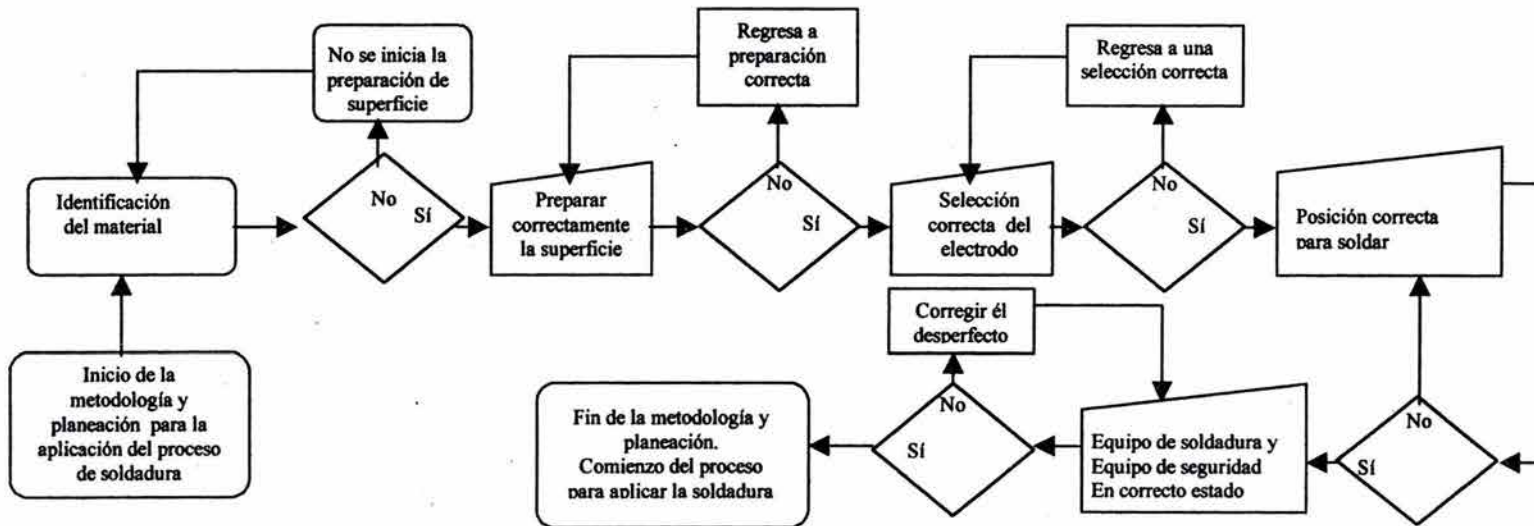
Fabricación de una pista para secador de azúcar de las siguientes características:

Descripción.	Material.
1. Diámetro exterior de 3.30mts.	1.
2. Diámetro interior de 2.85mts.	2.
3. Espesor de la pista de 2-7/8"	3. Acero tipo A.I.S.I. 1045.
4. Refuerzos tipo roldana de 1-1/2" de espesor.	4. Acero tipo A - 36.
5. Ocho (8) barrenos pasados de 1-17/32" de diámetro distribuidos uniformemente.	5.
6. Diámetro de barrenación de 3.026mts.	6.
7. Dieciséis (16) refuerzos radiales tipo cartabón de 1-1/2" de espesor.	7. Acero tipo A - 36.
8. Aplicar soldadura A.W.S. E - 7018.	
9. Aplicar relevado de esfuerzos.	

Dimensiones y especificaciones de acuerdo a dibujo N°SRP-M30005

CASO PRACTICO GENERAL

Metodología y Planeación para el Proceso de Soldadura.

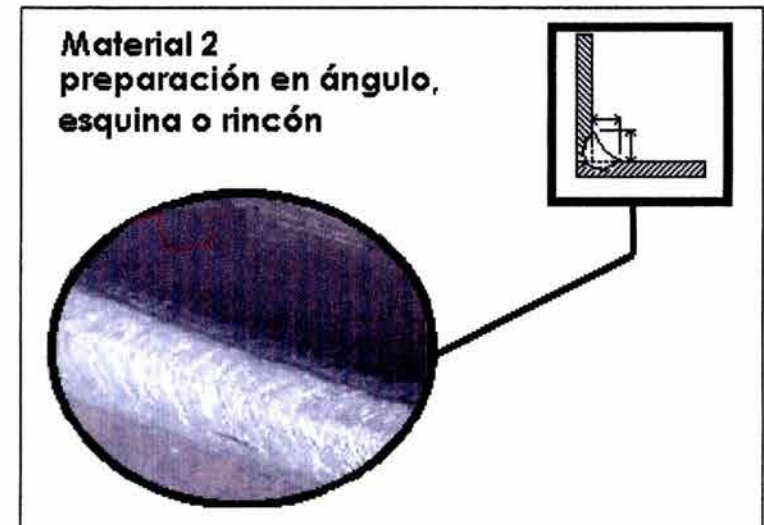
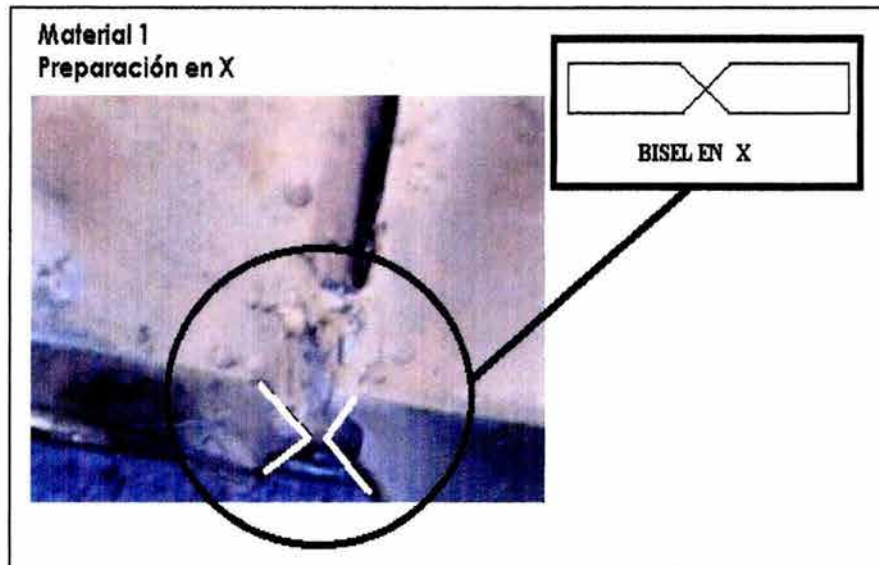


1. Identificación del material.

- ✓ Material 1 Acero A.I.S.I. 1045
- ✓ Material 2 Acero A.S.T.M. A-36

2. Definir tipo de preparación.

- ✓ Definir de acuerdo al espesor del material.
Material 1 espesor de 3".
Material 2 espesor de 1-1/2".
- ✓ Tipo de preparación para material 1, unión en (X)
- ✓ Tipo de preparación para material 2, en ángulo o rincón
- ✓ Ver pagina 38.



3. Selección del electrodo.

- ✓ De acuerdo a especificaciones de diseño usar E – 7018.
- ✓ Para conformado de material E – 7018 de 1/8".
- ✓ Para empezar proceso de soldadura para fondeo usar E – 6010 de 5/32"
Ver pagina 45, electrodos para solidificación rápida.
- ✓ Para el proceso de soldadura final utilizar E – 7018 de 3/16", es decir para la unión del material 1 con material 2 y para la unión del material 2 refuerzos tipo cartabón con refuerzos tipo roldana de material 2, utilizar E – 7018 de 5/32". Ver paginas 49 a 52.

4. Posición para la aplicación del proceso de soldadura.

- ✓ Elegir posición favorable al soldador.
- ✓ Posición horizontal.
- ✓ Girar la pieza de trabajo para colocar en Posición Horizontal. Ver pagina 60.



5. Equipo de trabajo.

- ✓ Máquina tipo transformador.
 - ✓ Capacidad 300 a 400 amperes.
- Ver paginas 53 a 55.



6. Equipo de seguridad.

- ✓ Protección personal. Ver paginas 67 a 68.



7. Condiciones de seguridad e higiene.

- ✓ Revisar el equipo de trabajo.
 - ✓ Revisar instalaciones eléctricas.
 - ✓ Área de trabajo ventilada.
 - ✓ Área de trabajo libre de humedad; si es posible.
 - ✓ Área de trabajo libre de líquidos inflamables.
- Ver paginas de la 69 a la 79.

8. Proceso de soldadura.

- ✓ Proceso con electrodo revestido.
- Ver paginas de la 110 a la 115.

9. Iniciar proceso de soldadura.



Preparar área de trabajo, en casos especiales las piezas de trabajo deben protegerse de las corrientes de aire

Iniciar proceso de soldadura



CASO PRACTICO GENERAL

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE OPERACIÓN DE SOLDADURA.

COSTO DE MATERIALES, M.O. Y CONSUMIBLES.

Descripción.	Lista de precios.
Acero 1045 de 3" de espesor por 11-1/2" de ancho por 10.15mts de long.	\$ 11.67 kilo
Acero A - 36 de 1-1/2" x 1.83 x 3.05.	\$ 5.20 kilo
Soldadura E - 6010 de 5/32" para fondeo.	\$ 32.00 kilo
Soldadura E - 7018 de 5/32 para soldar 16 refuerzos.	\$ 26.00 kilo
Soldadura E - 7018 de 3/16" para soldar refuerzos roldanas y unión	\$ 27.00 kilo
Electrodo de carbón para preparación de superficie de 5/32"	\$3.14 kilo
Rolado de solera de 3" x 11-1/2"	10,800.00 pieza.
Maquinado de la pista de 3.30 de diámetro exterior.	\$7,500.00 pieza
Relevado de esfuerzo en soldadura (resonancia por vibración)	\$2,500.00 pieza.
Disco abrasivo de 6"	\$48.00 pieza
Carga de oxígeno	\$260.00
Mano de obra soldador de 1era.	\$33.00 hora.
Mano de obra paillero 1era.	\$36.00 hora
Mano de obra paillero de 2da.	\$33.00 hora
Mano de obra ayudante de 1era.	\$12.50 hora
Mano de obra ayudante de 2da.	\$9.00 hora

CASO PRACTICO GENERAL

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE OPERACIÓN DE SOLDADURA.

Cada trabajo de soldadura es totalmente diferente, porque en cada trabajo se aplican diferentes tipos de uniones, tipos de costuras así como diferentes tipos de procesos de soldadura y de electrodos.

A continuación se propone un rango de generalidad amplio que permite abarcar cualquier tipo de aplicación.

Por otro lado, se intenta enfocar un equilibrio justo entre la exactitud y la simplicidad, es decir proponiendo fórmulas de costos de fácil aplicación; aunque cabe mencionar que nunca se llegará a la exactitud, pero si tendremos datos aproximados a la exactitud.

Para nuestro caso tenemos una soldadura circunferencial de acuerdo a los datos antes mencionados al principio del caso tenemos (pagina 181):

Diámetro exterior de 3.30mts. Igual a un desarrollo de 10.36mts

En las especificaciones del dibujo se pide soldadura en ambos lados del refuerzo tipo roldana esto quiere decir que tendremos 4 (cuatro) soldaduras circunferenciales a tope de 10.36mts. con costura tipo rincón de 1" (una pulgada de filete). Una soldadura a tope con costura en "x" en material A.I.S.I. 1045 para pista. De nuestra formula para calcular el costo del electrodo por metro lineal.

Para electrodo E – 6010 5/32"

$$\text{Costo Electrodo} \quad (\$) = \frac{\text{Pmd (Kg./ml)} \times \text{Valor Electrodo (\$Kg)}}{\text{m. l.}}$$

$$\text{m. l.} \quad \text{Eficiencia Deposición (\%)}$$

Sustituyendo valores de nuestras tablas de **peso de metal depositado (Pmd)** pag.168, de valor de electrodo pag. 177, eficiencia de deposición pag. 174 electrodo manual (celulósico).

$$\text{Costo del electrodo} = \frac{0.287 \times 32}{0.60} = 15.30$$

Para electrodo E – 7018 3/16" (bajo hidrógeno)

$$\text{Costo del electrodo} = \frac{4.594 \times 27}{0.72} = 17228$$

Para calcular costo de mano de obra y gastos generales se sustituyen los valores de mano de obra M.O. pag. 187, velocidad de deposición pag. 169 el electrodo E – 6010 5/32" se aplica a una intensidad de 165 amperes lo cual nos da 1.80 kg / hora., fator de operación en este caso 20% este factor puede cambiar de acuerdo a la habilidad del soldador.

$$\text{Costo M. O. Y G. Grales.} \quad (\$) = \frac{\text{Pmd (Kg./ml)} \times \text{Valor M. O. y G. G. (\$/hr)}}{\text{m. l.}}$$

$$\text{m. l.} \quad \text{Velocidad Deposición (Kg./hr)} \times \text{F. Operación (\%)}$$

Para E – 6010 5/32"

$$\text{Costo mano de obra} = \frac{0.287 \times 33 \times 1.7}{1.80 \times 0.20} = 44.72$$

Para E – 7018 3/16" este electrodo se aplica una intensidad de 185 amperes y nos da 2.40 kg / hora

$$\text{Costo mano de obra} = \frac{4.594 \times 33 \times 1.7}{2.40 \times 0.20} = 536.46$$

el 1.7 es el factor que se maneja en esta empresa para los gastos generales.

Así sucesivamente se calculan todas las soldaduras requeridas para obtener un costo aproximado del proceso de soldadura.

A continuación se cuantificara toda la soldadura, 10.36mts lineales a soldar

Cantidad a soldar en metros	Tipo de Electrodo	Precio de electrodo Por metro (calculado) \$	Precio mano de Obra por metro (calculado) \$	Costo Total \$
10.36	E - 6010	15.30	44.72	621.80
10.36	E - 7018	172.28	536.46	7,342.54
			Total	7,964.34

Ya sabemos a hora cual es el costo aproximado del proceso de soldadura, pero sabemos que este no es todo el costo de fabricación, también tenemos los costos de materiales, soldaduras, algunas operaciones mecánicas, preparaciones, transporte, armados, maquinados, etc. para obtener un equipo terminado.

La soldadura nunca debe ser considerada y costeadada independientemente, ya que la soldadura relacionada directamente con otras operaciones de fabricación, especialmente cuando represente una parte significativa de un proyecto o contrato.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Desde la antigüedad el hombre se ha visto en la necesidad de idear e implementar nuevos procesos y metodologías para unir los metales; por consiguiente debemos estar capacitados para las nuevas metodologías que se van desarrollando en este campo. Ya que es de suma importancia, para poder desarrollar nuevos productos, equipos o servicios, para todas y cada una de las industrias que requieran un proceso de soldadura.

Este manual tiene el fin de ayudar a todas aquellas personas que deseen introducirse al campo de soldadura, así como aquellas que necesiten reafirmar sus conocimientos, especialmente en los cinco procesos de soldadura por arco eléctrico que son más utilizados en algunas industrias. La manera sencilla en que se presentan los procesos de soldadura, es de mucha utilidad para todas aquellas empresas que necesiten capacitar a su personal.

Es muy importante tener los conocimientos suficientes para elegir correctamente un proceso de soldadura; lo cual implica saber los tipos de preparaciones que existen, el seleccionar un electrodo de acuerdo al material y los diámetros del mismo, las posiciones en que se pueden realizar los trabajos, la seguridad al aplicar cualquier proceso, conocer nuestro equipo de trabajo; así como las metodologías y aplicaciones de cada uno de los procesos aquí estudiados; además de calcular aproximadamente los costos de la puesta en marcha del proceso que se ha seleccionado.

Al terminar de estudiar este manual se tendrán los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para seleccionar un proceso de soldadura de acuerdo a nuestras necesidades, incluyendo el estado económico; y así obtener un proceso de soldadura exitoso.

APÉNDICE

**COMPOSICIÓN QUÍMICA
DE LOS ELECTRODOS
(VALORES TÍPICOS)**

CLASIFICACIÓN AWS	corriente	C	Mn	P	S	Si	Mo	Cr	Ni	Otros
E-6010	CC	0.12	0.6	0.01	0.02	0.24				
E-6011	CA-CC	0.1	0.55	0.01	0.02	0.24				
E-6011	CA-CC	0.1	0.55	0.01	0.02	0.24				
E-6011	CA-CC	0.1	0.55	0.01	0.02	0.25				
E-6011	CA-CC	0.1	0.6	0.01	0.02	0.2				
E-6011	CA-CC	0.1	0.68	0.01	0.02	0.34				
E-6013	CA-CC	0.1	0.6	0.02	0.02	0.25				
E-6027	CA-CC	0.08	0.75	0.02	0.02	0.35				
E-7014	CA-CC	0.08	0.52	0.02	0.02	0.35				
E-7024	CA-CC	0.08	0.8	0.02	0.02	0.45				
E-7024	CA-CC	0.08	0.8	0.02	0.08	0.45				
E-8010-G	CC	0.1	0.31	0.015	0.018	0.15	0.17		1.5	
E-7010-A1	CC	0.09	0.6	0.014	0.019	0.25	0.48			
E-7011-A1	CA-CC	0.09	0.6	0.014	0.018	0.25	0.5			
E-7016	CA-CC	0.09	0.65	0.02	0.02	0.5				
E-7018	CA-CC	0.06	1.1	0.012	0.015	0.48				
E-7018-A1	CA-CC	0.06	1	0.02	0.015	0.46	0.48			
E-8016-C1	CA-CC	0.07	0.8	0.02	0.02	0.4			2.4	
E-8016-B2	CA-CC	0.07	0.8	0.02	0.02	0.42	0.45	1.3		
E-8018-B2	CA-CC	0.07	0.8	0.01	0.01	0.56	0.48	1.25		
E-8018-C1	CA-CC	0.05	0.97	0.01	0.01	0.53			2.3	
E-8018-C3	CA-CC	0.04	0.9	0.01	0.01	0.4	0.2		1	
E-8018-G	CA-CC	0.07	1.2	0.02	0.02	0.5	0.5	1.2		
E-8016-B3	CA-CC	0.09	0.6	0.02	0.02	0.48	0.95	2.2		
E-9018-M	CA-CC	0.06	1.1	0.02	0.01	0.5	0.29		1.5	
E-10018-M	CA-CC	0.06	1.3	0.02	0.02	0.4	0.3	0.25	1.6	
E-11018-M	CA-CC	0.04	1.5	0.02	0.02	0.4	0.3	0.25	1.9	
E-308-16	CA-CC	0.07	1.1	0.02	0.02	0.5		20	10	
E-308L-16	CA-CC	0.03	0.9	0.02	0.02	0.5		19	9.9	
E-309L-16	CA-CC	0.03	0.9	0.02	0.02	0.5		23	13.5	
309-Mo	CA-CC	0.07	0.92	0.02	0.02	0.8	2.2	22.5	14	
E-310-16	CA-CC	0.11	1.1	0.02	0.02	0.5		26.5	21	
E-312-16	CA-CC	0.11	1.25	0.02	0.02	0.7		29.5	9.2	
E-316-16	CA-CC	0.07	0.95	0.02	0.02	0.55	2.25	18.7	13	
E-316L-16	CA-CC	0.03	1	0.02	0.02	0.8	2.25	18.5	13	
E-347-16	CA-CC	0.06	1.1	0.02	0.02	0.6		19.5	10	0.7Cb
E-317L-16	CA-CC	0.03	1.35	0.02	0.02	0.5	3.5	19.2	12.6	
ENiCMo-3	CA-CC	0.04	0.8	0.02	0.01	0.5	9	22	58	0.5Cu,7.0Fe,3.8Cb
E-410NiMo	CA-CC	0.06	1.2	0.02	0.02	0.5	0.4	12	4.5	
E-502-16	CA-CC	0.1	1	0.02	0.02	0.5	0.5	5	0.4	
	CC	0.02	1.5	0.02	0.01	0.6	4.5	20	25	1.5Cu
EST	CA-CC	0.1	0.25	0.02	0.02	0.03				
ENiCl	CA-CC	0.2	1	0.02	0.02	0.45			93	2.7Fe
ENiCl	CA-CC	1.37	0.15	0.003	0.006	0.19			balance	1.84Fe
ENiCl	CA-CC	0.9	0.8	0.02	0.02	0.7			balance	45.0Fe
ECuSnA	CC	0.008								
EFcMnA	CA-CC	0.85	13.8	0.02	0.02	0.5			3.2	

**TABLA DE SUFIJOS DE LA COMPOSICIÓN
ESTÁNDAR DEL DEPOSITO**

Numero del sufijo para electrodos según AWS	% de Aleació n					
	(Mo)	(Cr)	(Ni)	(Mn)	(Va)	(Cu)
A1	0.5					
B1	0.5	0.5				
B2	0.5	1.25				
B3	1	2.25				
B4	0.5	2				
B5	1.1	0.5				
B6	0.5	5				
B7	0.5	7				
B8	1	9				
B9	1	9			0.2	0.25
C1			2.5	1.2		
C2			3.5	1.2		
C3			1	1.2		
C4			1.5	1.2		
C5			6.5	0.7		
D1	0.3			1.5		
D2	0.3			1.75		
D3	0.5			1.4		
G*	0.2	0.3	0.5	1	0.1	0.2
P1	0.5	0.3	1	1.2		
W1		0.2	0.3	0.5		0.4
W2		0.6	0.6	0.9		0.5

MEZCLAS MÁS COMUNES EMPLEADAS EN SOLDADURA MIG

Metal Base	Transferencia Spray	Transferencia Corto-Circuito
Acero Inoxidable	Argón+2%CO2 Argón+1%O2 Argón+2%O2	90%Helio+ 7.5%Argón+ 2.5%CO2
Aceros al Carbon y Baja Aleación	Argón+2%O2 Argón+20%CO2 Argón+5%CO2 Argón+8%CO2	CO2 Argón+20%CO2 Argón+8%CO2 Argón+5%CO2
Alumino y Magnesio	Argón Helio Argón+25%He Argón+75%Helio	
Cobre	Helio Argón+25%He Argón+50%He Argón+75%He	

**TABLA DE REGULACIÓN PARA EL PROCESO MIG
PARA UNIONES A TOPE CON ALAMBRE SÓLIDO EN ACEROS DE MEDIA Y BAJA ALEACIÓN**

Esesor en Gauge	Esesor en pulg.	Esesor en mm.	Electrodo en mm.	Amperajes en C.C.	Voltaje en C.C.	Velocidad avance m/min.	Litros por min.
22		0,77	0,8	35-60	16-17.5	0,50	7-9
20		0,92	0,8	40-70	17-18	0,70	8-9
8		1,25	0,9	70-90	18-19	0,50-0,70	8-9
14	5/64	2,1	0,9	120-130	20-21	40-0,50	9-12
11	1/8	3,17	1,2	120-180	20-23	0,37-0,50	9-13
7	3/16	4,76	1,2	190-200	21-22	0,60-0,70	12-14
	1/4	6,25	1,2	160-180	22.5-23	0,35-0,45	12-14
	5/16	7,93	1,2	200-210	23-23.5	0,30-50	12-14
	3/8	9,5	1,2	220-250	24-25	0,30-0,40	12-14
	1/2	12,5	1,2	280	28-29	0,35	12-14
	3/4	19	1,6	300	32	0,25	14-16

**TABLA DE REGULACIÓN PARA EL PROCESO MIG
PARA UNIONES A TOPE CON ALAMBRE SÓLIDO EN ACEROS DE MEDIA Y BAJA ALEACIÓN**

Epesor del material (mm)	Diámetro del electrodo		Amperaje	Voltaje	Velocidad de avance (m/min)
	(pulg)	(mm)			
4	3/32	2.4	375	30	1
5	3/32	2.4	425	35	1
6	1/8	3.2	480	35	0.9
7	1/8	3.2	550	30	0.88
8	5/32	4	550	35	0.9
10	5/32	4	600	35	0.9
12	3/16	4.8	750	35	0.8
16	3/16	4.8	800	36	0.55
20	3/16	4.8	925	38	0.45
25	1/4	6.4	925	36	0.45
30	1/4	6.4	925	36	0.35
35	1/4	6.4	1000	34	0.28

TIPOS DE RECUBRIMIENTO Y CORRIENTE PARA ELECTRODOS RECUBIERTOS

DIGITO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	CORRIENTE PARA SOLDAR
0	SODIO CELULOSA	CD PI
1	POTASIO CELULOSA	CA o CD PI
2	SODIO TITANIO	CA o CD PI
3	POTASIO TITANIO	CA o CD PI
4	TITANIO POLVO FIERRO	CA o CD PI
5	SODIO BAJO HIDRÓGENO	CA o CD PI
6	POTASIO BAJO HIDRÓGENO	CD PI
7	OXIDO DE FIERRO POLVO Fe	CA o CD PI
8	BAJO HIDRÓGENO POLVO Fe	CA o CD PI

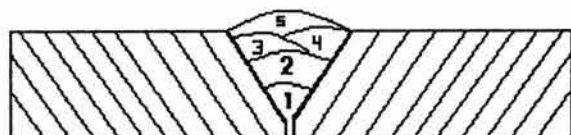
CA= CORRIENTE ALTERNA

**CD PI= CORRIENTE DIRECTA POLARIDAD INVERTIDA
(PORTA-ELECTRODO AL POSITIVO)**

SUFIJO DE POSICIÓN PARA ELECTRODOS RECUBIERTOS

0	POSICIÓN PLANA HORIZONTAL
1	TODA POSICIÓN
2	POSICIÓN PLANA Y FILETE HORIZONTAL

RELLENO DE ÁNGULOS HORIZONTALES



RELLENO DE UN ÁNGULO HORIZONTAL:
 ORDEN CORRECTO DE LOS CORDONES



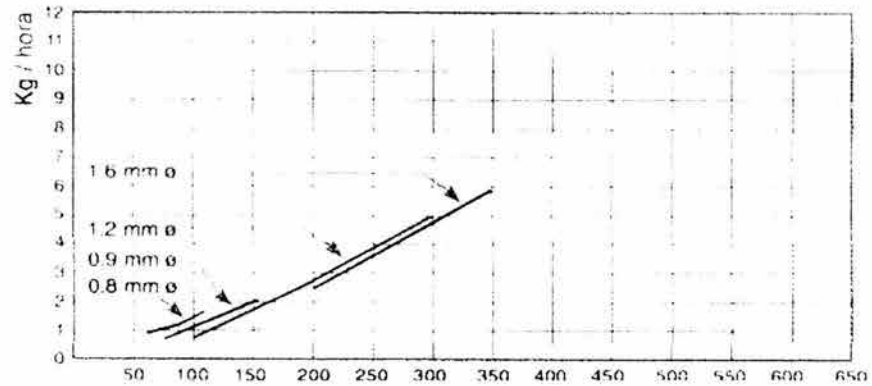
RELLENO DEFECTUOSO POR MALA
 ORDENACIÓN DE LOS CORDONES

PREPARACIÓN DEL BISELADO EN RELACIÓN AL ESPESOR DEL METAL BASE Y DIÁMETRO DE ELECTRODOS

ESPESOR DEL METAL BASE mm	TIPO DE PREPARACIÓN	Ø DEL ELECTRODO EN mm
2 A 4		2 A 3
4 A 7		3 A 4
4 A 7		3 A 6
MÁS DE 16		6

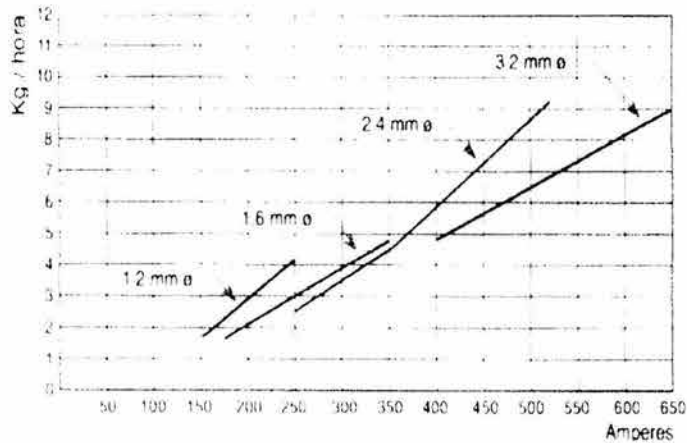
VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN PROCESO MIG

MIG Sólido



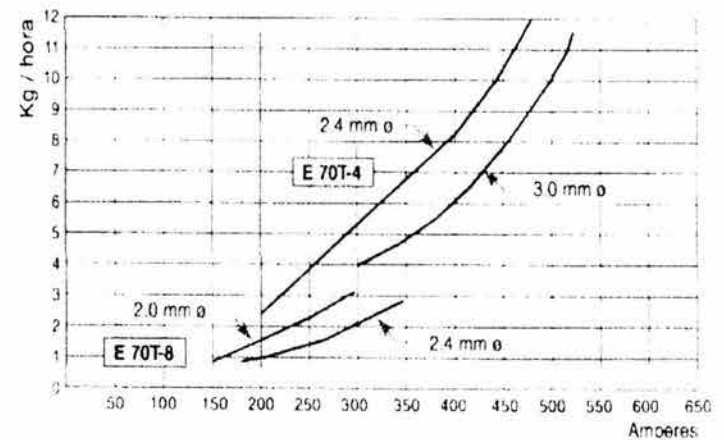
VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN PROCESO MIG

MIG Tubular con protección



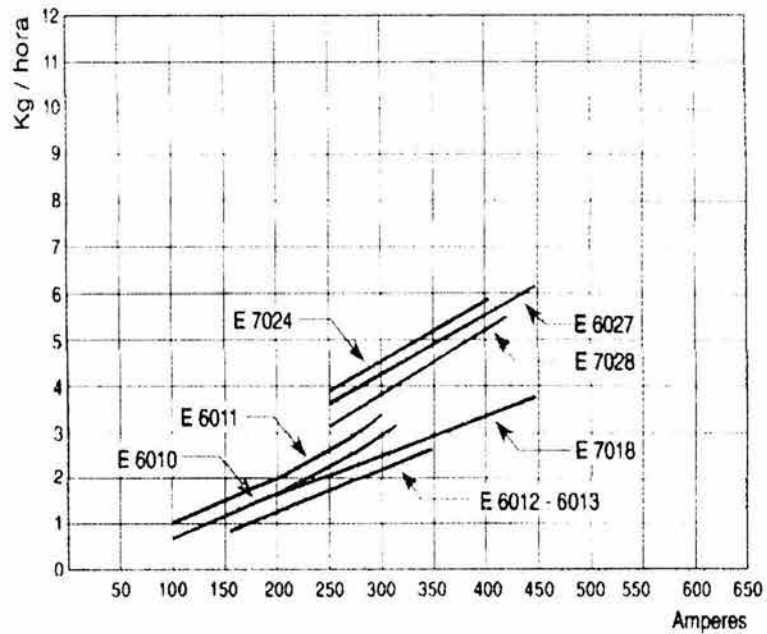
VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN PROCESO MIG

MIG Tubular sin protección



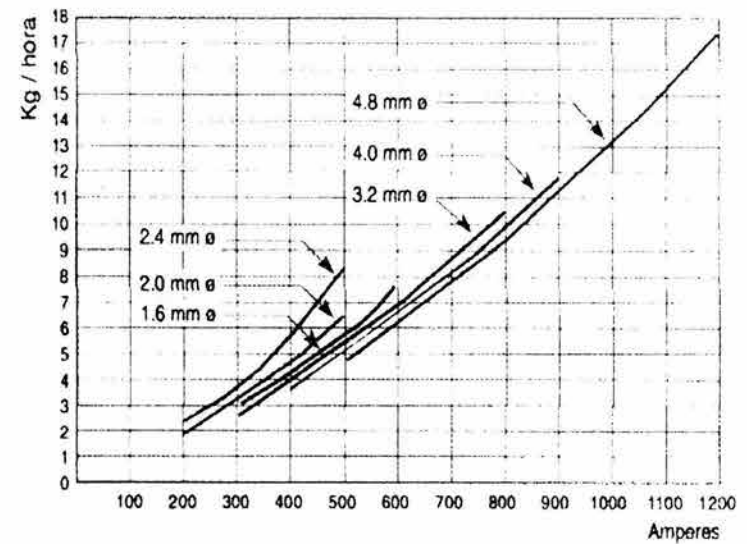
VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN PROCESO CON ELECTRODO REVESTIDO

Electrodo Manual



VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN PROCESO ARCO SUMERGIDO

Arco Sumergido



CLASIFICACIÓN DE ACEROS ASTM Y PROCESO DE SOLDADURA RECOMENDABLE

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A3-778	1,2	Barras	Acero al Carbono	6012, 6013, 7014 7018, 7024	ER-70S-2,3,6	E70T-X,E71T-X
A27-81a	Todas	Fundición	Acero	7018		
A36-81a		Estructural	Acero	6012, 6013, 7014 7018, 7024		
A53-81a	A y B	Cañerías	Acero	6010, 6011, 7018		
A82-79		Reforzado	Acero	7018		
A105-81		Cañerías	Acero	similar a A53		
A106-80	A y B	Cañerías	Acero	similar a A53		
	C	Cañerías	Acero	7018		
A109-81		Fleje	Acero	similar A36		
A123-78		Chapa,Fleje	Acero	7018		
A131-81a		Estructural	Acero	similar A36		
A134-80		Cañerías	Acero	similar A53		
A135-79	A y B	Cañerías	Acero	similar A53		
A139-74	Todas	Cañerías	Acero	similar A 53		
A148-81	80-40, 80-50	Fundición	Baja Aleación	8018C3	ER-80S-Ni1	E8XT-1,Ni1
	90-60		Baja Aleación	9018M	ER-100S-1	E9XT1-NI2
	105-85		Baja Aleación	11018M12018M	ER-110S-1	E110TX-K3
	120-95		Baja Aleación		ER-120S-1	E120T5-K4
	150-125,		Baja Aleación			
	174-145		Baja Aleación			
A-161-83		Tuberías	Acero	Similar a A53	ER-70S-2,3,4	E70T-X,E71T-X
A167-81a	302B					
	304L	Chapa,Fleje	Inoxidable	308L	ER-308L	E308LT-X

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW	
A167-81a	309S, 309	Chapa, Fleje	Inoxidable	309	ER-309	ER309T-X	
	310S, 310	Chapa, Fleje	Inoxidable	310	ER-310	E310T-X	
	316	Chapa, Fleje	Inoxidable	316	ER-316L, HiSi	E316LTX	
A167-81a	316L, 317L	Chapa, Fleje	Inoxidable	316L	ER-316L	E316LT-X	
	317	Chapa, Fleje	Inoxidable	317			
	321	Chapa, Fleje	Inoxidable				
	347, 348	Chapa, Fleje	Inoxidable	347	ER-347	E347LT-X	
	XM-15	Chapa, Fleje	Inoxidable	310	ER-310	E310T-X	
	A176-81	403, 405, 409	Chapa, Fleje	Inoxidable	410	ER-310	
		410, 410S	Chapa, Fleje	Inoxidable	410	ER-310	
429, 430		Chapa, Fleje	Inoxidable	308	ER-310		
442, 446		Chapa, Fleje	Inoxidable	309	ER-309	E-309T-X	
A177-80		Chapa, Fleje	Inoxidable	308	ER-308L, HiSi	E308LT-X	
A178-79b	A	Tuberías	Acero	7018	ER-70S-2,3,6	E70T-X, E71T-X	
	C	Tuberías	Acero	Similar A53	ER-70S-2,3,6	E70T-X, E71T	
A179-79		Tuberías	Acero	Similar A53	ER-70S-2,3,6	E70T-X, E71T	
A181-81	60	Cañería, Fittings	Acero	Similar A53	ER-70S-2,3,6	E70T-X, E71T-X	
	70	Cañería, Fittings	Acero	7018	ER-70S-2,3,6	E70T-X, E71T-X	
A182-81A	F1	Cañería, Fittings	Acero al Cr/Mo	7018A1	ER-80S-B2	E8XTX-A1	
	F2, F11, F12	Cañería, Fittings	Acero al Cr/Mo	8018b2	ER-80S-B2	E8XTX-A1	
	F5, F5a, F21, F22	Cañería, Fittings	Acero al Cr/Mo	9018b3	ER-90S-B3	E9XTX-B3	
	F6	Cañería, Fittings	Inoxidable	410			
	F304, F304H	Cañería, Fittings	Inoxidable	308	ER-308L, HiSi	E308LT-X	
	F304L	Cañería, Fittings	Inoxidable	308L	ER-308L	E308LT-X	
	F310	Cañería, Fittings	Inoxidable	310	ER-310	E310T-X	
	F316L	Cañería, Fittings	Inoxidable	316L	ER-316L	E316LT-X	
	F321, F321H, F347	Cañería, Fittings	Inoxidable				

ACEROS						
ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A182-81A	F347H,F348,F348H	Cañería,Fittings	Inoxidable	347	ER-347	E347T-X
	F10	Cañería,Fittings	Inoxidable	310	ER-310	E310T-X
	F9	Cañería,Fittings	Acero al Cr/Mo			
A184-79	40	Reforzado	Acero	7018	ER-70S-2,3,6	E70T-X,E71T-X
	50,60	Reforzado	Baja Aleación	9018M	ER-100S-1	E9XT-1-Ni2
A185-79		Reforzado	Baja Aleación	7018	ER-70S-2,3,6	E70T-X,E71T-X
A192-80		Tuberías	Acero	7018	ER-70S-2,3,6	E70T-X,E71T-X
A199-79a	T3b,T4,T22	Tuberías	Cr/Mo			
	T5,T2	Tuberías	Cr/Mo			
	T11	Tuberías	Cr/Mo	8018B2	ER-80S-B2	E8XTX-B2
	T9	Tuberías	Cr/Mo			
A200-79a		Tuberías	Cr/Mo	Similar a A1 99		
A202-78	A y B	Estanque a Pres.	Baja Aleación	9018M	ER-100S-1	E9XT-1-Ni2
A203-81	All	Estanque a Pres.	Ac.Niquel	8018-C3	ER-80-Nil	E80TS-K1
A204-79a	A y B	Estanque a Pres.	Cr/Mo	7018A1	ER-80S-B2	E80TX-B2
	C	Estanque a Pres.	Baja Aleación	10018M	ER-110S-1	E110TX-K3
A209-79a		Tuberías	Acero	7018	ER-70S-2,3,6	E70T-X,E71T-X
A210-79a-1	A-1	Tuberías	Acero	Similar a A1 161	ER-80S-D2	E70T-X,E71T-1
	C	Tuberías	Acero	E7018		
A211-75		Cañerías	Acero	Similar a A53		
A213-81a	T2,T11,T12,T17	Tuberías	Cr/Mo	E8018B2		E80C-B2
	T3b,T22	Tuberías	Cr/Mo	E9018B3		E90C-B3
	T5,T5b,T5c,T21	Tuberías	Cr/Mo			E502T-1
	T9	Tuberías	Cr/Mo			E505T-1
	TP304,TP304H	Tuberías	Inoxidables	308		E308LT-X
	TP304L	Tuberías	Inoxidables	308L		E308LT-X

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A213-81a	TP310	Tuberías	Inoxidables	310		E310LT-X
	TP316L,TP316H	Tuberías	Inoxidables	316		E316LT-X
	TP316L	Tuberías	Inoxidables	316L		E316LT-X
	TP321,TP321H,TP,347 TP347H,TP348,348H	Tuberías	Inoxidables	347		E347T-X
A214-75		Tuberías	Acero	Similar a A161		
A216-79	WCA	Fundición	Acero	6012, 6013, 7014 7024	E70S-3,6	E70T-1,E71T-1
A217-81	WCB, WCC		Acero	7018, 7024	E80S-D2, E70S-3,6	E70T-X, E71T-X
	WC1	Fundición	Cr/Mo	7018, 7024	E80S-D2, E70S-3,6	E70T-X
	WC4, WC5, WC6	Fundición	Cr/Mo	8018B2	E80S-D2, E70S-3,6	E80C-B2
	WC9	Fundición	Cr/Mo	9018B3		E90C-B3
A225-79	C	Estanque a Pres.	Baja Aleación	11018M, 12108M		E110T1-G, E110T5-K4
	D	Estanque a Pres.	Baja Aleación	8018C3	ER-80S-D2	E81Ti-N2
A226-80		Tuberías	Acero	Similar a A161		
A234-81a	WPA,WPPB,WPC	Fittings	Acero	Similar A53		
	WP1	Fittings	Cr/Mo	7018A1	ER-80S-D2	
	WP11, WP12	Fittings	Cr/Mo	8018B2		E80C-B2
	WP22	Fittings	Cr/Mo	9018B3		E90C-B3
	WP5	Fittings	Cr/Mo			E502T-1
A236-9a	C,D,E,F,G	Forjados	Baja Aleación	9018M		E110T1-G
	H	Forjados	Baja Aleación	1201M		E120C-G
A240-81a	302,304, 304H	Estanque a Pres.	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
	305	Estanque a Pres.	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
	304L	Estanque a Pres.	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
	309S	Estanque a Pres.	Inoxidables	310	ER-310	E310LT-X

ACEROS						
ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A240-81a	310S	Estanque a Pres.	Inoxidables	310	ER-310	E310LT-X
	316H	Estanque a Pres.	Inoxidables	316L	ER-316L,HiSiII	E316LT-X
	316L, 317L	Estanque a Pres.	Inoxidables	347	ER347	E47T-X
	317	Estanque a Pres.	Inoxidables	347	ER347	
	321, 321H	Estanque a Pres.	Inoxidables			
	347, 347H	Estanque a Pres.	Inoxidables			
	348, 348H, XM15	Estanque a Pres.	Inoxidables	310	ER-310	E310T-X
A240-79	348, 348H, XM15	Estanque a Pres.	Inoxidables	310	ER-310	E310T-X
A242-81	Tipos 1 y 2	Estructural	Acero	7018, 7024	ER-70S-3,6	E80T1-W,E70T-1,E71T-1
A249-81a	304, 304H, 305	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiII	E308LT-X
	304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E308LT-X
	309	Tuberías	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
	310	Tuberías	Inoxidables	310	ER-310	E310T-X
	316, 316H	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L,HiSiII	ER316LT-X
	316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316L	E316LT-X
	317	Tuberías	Inoxidables	317	ER-317	
A250-79a		Tuberías	Mo	7018A1	ER-80S-D2	E70T-X,E71T-X
A252-81	1,2	Cañerías	Acero	Similar a A53		
	3	Cañerías	Acero	7018	ER-80S-D2	E70T-X,E71T-X
A263-79	405, 410, 410S	Chapa,Fleje	Inoxidables	410		E410T-1
A266-78	1, 2, 3, 4	Forjados	Acero	7018, 7024	ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X
A268-81	TP405,TP409,TP410	Tuberías	Inoxidables	410		E410T-1
	TP409			410		E409T-2G
	TP329	Tuberías	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
A269-81	TP304	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308,HiSiII	E308LT-X
	TP304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E308LT-X

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A269-81	TP316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L,HiSiI	E316LT-X
	TP316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316L	E316LT-X
	T317	Tuberías	Inoxidables	317		
	TP321,TP347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP348					
A270-80		Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
A271-80	TP304	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
	TP304H	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
	TP321	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
A271-80	TP321H	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
A271-80	TP347H	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
A273-64	C1010a C1020	Forjados	Acero	7018, 7024	ER-70S-3,6	
A276-79a	302, 304, 305, 302B	Barras	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
	304L	Barras	Inoxidables	308L	ER-308L	E308LT-X
	309, 309S	Barras	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
	310, 310S	Barras	Inoxidables	310	ER-310	
	316	Barras	Inoxidables	316	ER-316,HiSiI	E316LT-X
	316L	Barras	Inoxidables	316L	ER-316L	E316LT-X
	317	Barras	Inoxidables	317		
	321, 347, 348	Barras	Inoxidables	347	ER-347	
	TP403	Barras	Inoxidables	410		E410T-1
	TP405	Barras	Inoxidables	410		E410T-1
	TP410	Barras	Inoxidables	410		E410T-1
	TP414	Barras	Inoxidables	410		E410T-1
	TP420	Barras	Inoxidables	410		E410T-1
	TP446	Barras	Inoxidables	309, 310		

ACEROS						
ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A283-81	A,B,C,D	Estructural	Acero	Similar a A36		
A284-81	C,D	Estructural	Acero	Similar a A36		
A285-81	A,B,C	Estanque a Pres.	Acero	7018, 7024	ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X
A288-68	1	Forjados	Acero	7018, 7024	ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X
	2	Forjados	Baja Aleación	9018M	ER-100S-1	E110T1-G E10T5-K4
	3	Forjados	Baja Aleación	11018M	ER-70S-3,6	E120C-G
	4, 5, 6, 7, 8	Forjados	Ac.aleación			E4130T-1
A289-70a	A y B	Forjados	Inoxidables	308	ER-308,HISII	E308LT-X
A297-81	HF	Fundición	Inoxidables	308, 308I		
	HH	Fundición	Inoxidables	309	ER-308L,HISII	E308LT-X
	HI, HK	Fundición	Inoxidables	310	ER-309	E309LT-X
	HE	Fundición	Inoxidables	312	ER-310	
A299-79b		Estanque a Pres.	Baja Aleación	9018M		
A320-80	A,B,C,D	Estanque a Pres.	Baja Aleación	9018M		
A312-81a	TP304,TP304H	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308,HISII	E308LT-X
	TP304L	Cañerías	Inoxidables	308L	ER-308L	E308LT-X
	TP309	Cañerías	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
	TP310	Cañerías	Inoxidables	310	ER-310	
	TP316,TP316H	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L,HISII	E316LT-X
	TP316L	Cañerías	Inoxidables	316L	ER-316L	E316LT-X
	TP317	Cañerías	Inoxidables	317		
	TP321,TP321H, TP347,TP347H, TP348,TP348H	Cañerías	Inoxidables	347	ER347	
A328-81		Pilotes	Acero	7018	ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A333-81a	1 y 6	Cañerías	Baja Aleación	8018C3		
	3,4, 7,9	Cañerías	Baja Aleación	8018C2		E80C-Ni3
A334-79	1 y 6	Tuberías	Baja Aleación	8018C3		E81Ti-Ni2
	3, 7, 9	Tuberías	Baja Aleación	8018C2		E80C-Ni3
A335-81a	P1,P15	Cañerías	Cr/Mo	7018A1	ER-80S-D2	
	P2,P11, 12	Cañerías	Cr/Mo	8018B2		E80C-82
	P5,P5b,P5c	Cañerías	Cr/Mo	502		E502T-1
	P9	Cañerías	Cr/Mo			E505T-1
	P22	Cañerías	Canerías	9018B3		E90C-83
A336-81a		Estanque a Pres.	Baja Aleación	7018A1		
	F5,F5a	Estanque a Pres.	Cr/Mo			E502T-1
	F6	Estanque a Pres.	Inoxidables	410		E410T-1
	F22,F22a	Estanque a Pres.	Cr/Mo	9018B3		E90C-B3
A336-81a	F30	Estanque a Pres.	Cr/Mo	8018B2		E80C-B2
	F31		Aleac.Niquel	8018C2		E80C-Ni3
	F32	Estanque a Pres.	Cr/Mo			E502T-1
	A336-81a	FS,FS2,FS4	Estanque a Pres.	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI
F8M		Estanque a Pres.	Inoxidables	316	ER-316L,HiSiI	E316LT-X
F10,F25		Estanque a Pres.	Inoxidables	310	ER-310	
A350-81	LF1,LF2	Fittings	Aleac.Niquel	8018C3		E80C-Ni2,E81M-Ni2
	LF3,LF4	Fittings	Aleac.Niquel	8018C2		E80C-Ni3
A351-81	CF8,CF8A,CF8C	Fundición	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
	CF3,CF3A	Fundición	Inoxidables	308L	ER-308L	E300LT-
	CF8M,CF10;MC	Fundición	Inoxidables	316L	ER-316L	E316LT-X
	CF3M,CF3MA					
	CH8,CH10,CH20	Fundición	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
	CK20HK30,HK40	Fundición	Inoxidables	310	ER-310	

ACEROS						
A352-81	CN7M LC2 LC3	Fundición Fundición Fundición	Inoxidable Aleac.Niquel Aleac.Niquel	320CB 8018C1 8018C2		E80C-Ni2,E81Ti-Ni2 E80C-Ni3
A356-77	1 2 5, 6, 8 10	Fundición Fundición Fundición Fundición	Acero Cr/Mo Cr/Mo Cr/Mo	Similara A27 7018A1 8018B2 9018B3	ER-80S-D2	E80C-B2 E90C-B3
A358-81	304 309 310 316 321, 347, 348	Cañerías Cañerías Cañerías Cañerías Cañerías	Inoxidables Inoxidables Inoxidables Inoxidables Inoxidables	308 309 310 316 347	ER-308L,HISii ER-309 ER-310 ER-316,HISii ER-347	E308LT-X E309LT-X E316LT-X A361-76
A361-76		Chapa	Acero	7018	ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X
A369-76	FP1	Cañerías	Baja Aleación	701SA1	ER-80S-D2	
ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
	FP2,FP11,P12 FP5 FP22,FP38 FP21,FP22	Cañerías Cañerías Cañerías	Cr/Mo Cr/Mo Cr/Mo	8018B2 9018B3		E80C-B2 E502T-1 E90C-B3
A369-79a	FPA,FPB FP9	Cañerías Cañerías	Baja Aleación Cr/Mo	7018	ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X
A372-81	I II,III IV V VI VII,VIII	Forjados Forjados Forjados Forjados Forjados Forjados	Acero Baja Aleación Baja Aleación Ac.Aleación Ac.Aleación Ac.Aleación	7018 9018M 11018M 12018M 1001SD2	ER-70S-3,6	E-70T-X,E71T-X E110T5-K4,E110Ti-G E120C-G E4130T-1

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A307-81	TP304,TP304H	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L,HISII	E308LT-X
	TP304N,TP316, TP316H,TP316N	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L,HISII	E316LT-X
	TP321,TP321H, TP347,347H,348	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	
	A381-81	Y35 a Y50 Y52,Y56 Y60,Y65	Cañerías Cañerías Cañerías	Acero Acero	Similar A a53 7018 9018M	ER-80S-D2
A387-79b	A,B,C	Estanque a Pres.	Cr/Mo	8018B2		E80C-B2
	D,E	Estanque a Pres.	Cr/Mo	9018B3		E90C-B3
A389-77a	C23	Fundición	Cr/Mo	8018B2		E80C-B2
A403-81	WP304,WP304H	Fittings	Inoxidables	308	ER-308L,HISII	E308LT-X
	WP304L	Fittings	Inoxidables	308L	ER-308L,HISII	E308LT-X
	WP309	Fittings	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
A403-91	WP310	Fittings	Inoxidables	310	ER-316L,HISII	E316LT-X
	WP316,WP316H	Fittings	Inoxidables	316	ER-316L,HISII	E316LT-X

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A403-81	WP317	Fittings	Inoxidables	317		
	WP321,WP321H	Fittings	Inoxidables	347	ER-347	
	WP347H,WP348					
A405-81	P24	Cañerías	Cr/Mo	9018B3		E90C-B3
A409-77	TP304,TP304L	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L,HISII	E308L
	TP309	Cañerías	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
	TP310	Cañerías	Inoxidables	310	ER-310	
	TP316,TP316L	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L,HISII	E316LT-X
	TP317	Cañerías	Inoxidables	317		
	TP32,TP347,TP348	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	
A412-81	201, 202	Chapa Fleje	Inoxidables	308	ER-308L,HISII	E308LT-X
A413-72	PC,BBB	Cadena	Acero	7018	ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X
A414-79	A,B,C,D,E,F,G	Chapa Acero	6012, 6013, 7014, 7024		ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X
A420-81a	WPL6	Fittings	Acero	8018C3		E81Ti-Ni2
	WPL9	Fittings	Ac.Niquel	8018C1		E80C-Ni2-E81Ti-Ni2
	WPL3	Fittings	Ac.Niquel	8018C2		E80C-Ni3
A423-79a	1	Tuberías	Cr/Mo	8018B2		E80C-B2
	2	Tuberías	Ac.Niquel	8018C3		E@N12,ASIIVN12
A426-80	CP1,CP15	Cañerías	Cr/Mo	7018A1	ER-80S-D2	
	CP2,CP11,CP12	Cañerías	Cr/Mo	8018B2		E80C-B2
	CP5,CP5B	Cañerías	Cr/Mo			E502T-1
	CP21,CP22	Cañerías	Cr/Mo	9018B3		E90C-B3
	CPCA15	Cañerías	Inoxidables	410		E410T-1
	CP9	Cañerías	Cr/Mo			E505T-1
A430-79	FP304,FP304H	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L,HISII	E308LT-X
	FP304N					

ACEROS						
ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A430-79	FP316,FP316H, FP316N	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L,HiSiI	E316LT-X
	FP321,FP321H FP347,FP347H	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	
A441-81		Estructural	Acero	Similar a 36		
A442-79b	55, 60	Estanque a pres.	Ac. Niquel	8018C3	ER-309	E309LT-X
A447-79		Fundición	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
A451-80	CPF8CPF8C	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
	CPF8M,CPF10MC	Cañerías	Inoxidables	309Mo		
	CPH8,CPH20	Cañerías	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
	CPK20	Cañerías	Inoxidables	310	ER-310	
A452-79	TP304H	Cañerías	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
	TP316H	Cañerías	Inoxidables	316	ER-316L,HiSiI	E316LT-X
	TP347H	Cañerías	Inoxidables	347	ER-347	
A458-81a		Estanque a pres.	Baja Aleación	9018M		
A457-71	761	Chapa Fleje	Inoxidables	347	ER-347	
A-469-71	1, 2	Forjado	Ac.Niquel	8018C2		E80C-Ni3
A470-65	1, 2	Forjado	Ac.Niquel	8018C2		E80C-Ni3
A479-81	302, 304, 304H	Barras	Inoxidables	308	ER-308L,HiSiI	E308LT-X
	304L	Barras	Inoxidables	308L	ER-308L	E308LT-X
	310, 3105	Barras	Inoxidables	310	ER-310	
	316, 316H	Barras	Inoxidables	316L	ER-316L,HiSiI	E316LT-X
	316L	Barras	Inoxidables	316L	ER-316L	E316LT-X
	321, 321H, 347, 347H	Barras	Inoxidables	347	ER-347	
	348, 348H					
A486-74	70	Fundición	Acero	7014, 7018, 7024	ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A486-74	90	Fundición	Baja Aleación	9018M		E110TI-G,E110T5-K4
	120	Fundición	Ac. Aleación	12018M		E120C-G
A487-81	1N,2N,4N,8N,9N	Fundición	Baja Aleación	9018M		E110TI-G,E110T5-K4
A487-81	1Q,2Q					
	3Q,4Q,5Q,4QA,7Q	Fundición	Ac. Aleación	12018M		E120C-G
	8Q,9Q,10Q,5N,6N					
	10N					
A493-80a	302, 304, 305	Barras	Inoxidables	308	ER-308	E308LT-X
	316	Barras	Inoxidables	316	ER-316	E316LT-X
	321, 347	Barras	Inoxidables	347	ER-347	
	410	Barras	Inoxidables	410		E410T-1
A-496-78		Reforzado	Baja Aleación	9018M		
A497-79		Reforzado	Baja Aleación	9018M		
A500-81a	A,B,C	Tuberías	Acero	Similar a A36		
A501-81		Tuberías	Acero	Similar a A161		
A508-81	1, 1a	Forjado	Acero	7018	ER-70S-3,6	E70T-X,E71T-X
	2, 3	Forjado	Baja Aleación	9018M		E110T5-K4
	4, 5	Forjado	Baja Aleación	11018M		E120C-G,E110TS-K4, E110T1-X
	5a, 4a	Forjado	Baja Aleación	12018M		E120C-G
A511-79	MT302,MT304, MT305	Tuberías	Inoxidables	308	ER308L,HiSiI	E308LT-X
	MT304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E308LT-X
	MT309,MT309S	Tuberías	Inoxidables	309	ER-309	E309LT-X
	MT310,MT310S	Tuberías	Inoxidables	310	ER-310	
	WT316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L,HiSiI	E316LT-X
	MT316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316	E316LT-X

ACEROS						
ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A511-79	MT317	Tuberías	Inoxidables	317		
	MT321,MT347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	MT410	Tuberías	Inoxidables	410		E410T-1
A512	MT1010 a MT1020	Tuberías	Acero	Similar a A216		
A513-81	1008 a 1022	Tuberías	Acero	Similar a A161		
	4130	Tuberías	Ac.Aleación			E4130T-1
A514-81		Plancha	Baja Aleación	11018M,12018M		E120C-G,E110T5-K4
A515-79b		Estanque a Pres.	Acero	7018	ER-70S-3	E70T-1,E71T-1
A516-79b		Estanque a Pres.	Acero	7018	ER-70S-3	E70T-1,E81Ti-Ni2,E71T-1
A517-81		Estanque a Pres.	Baja Aleación	11018M		E-120C-G,E110T5-K4,E110T1-G
A519-80	1008 a 4130	Tuberías	Acero	Similar a A161		E4130T-1
A521-70	CA,CC,CC1	Forjado	Acero	7018	ER-70S-3,6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
	AA,AB,CE,CF,AC	Forjado	Baja Aleación	9018M		E110T5-K4,E110T1-G
	AD,CF1,CG					
	AE	Forjado	Baja Aleación	11018M		E120C-G,E110T5-K4,E110T1-G
	AG,AH	Forjado	Ac.Aleación			E4130T-1
A523-81		Cañería	Acero	Similar a A53		
A524-80		Cañería	Acero	Similar a A53		
A526-80		Chapa	Galvanizada	7018	ER-70S-6	E71T-11,E71T-GS
A527-80		Chapa	Galvanizada	7018	ER-70S-6	E71T-11,E71T-GS
A528-80		Chapa	Galvanizada	7018	ER-70S-6	E71T-11,E71T-GS
A529-75		Estructural	Acero	Similar a A36		
A533-81	A1,B1,C1,D1,	Estanque a Pres.	Baja Aleación	9018M		
	A2,B2,C2,D2,A3,	Estanque a Pres.	Baja Aleación	10018M		
	B3,C3,D3					
A537-80	1	Estanque a Pres.	Acero	7018	ER-70S-3,6	E71T-1

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A539-79	2	Estanque a Pres.	Ac.Niquel	8018C3		E80C-Ni2,E8Ti-Ni2
A541	A, 1a	Tuberías	Acero	Similar a A161		
A542-79	2,3,4,5,6	Forjado	Acero	7018	ER-70S-3,6	E71T-1,E70T-4,7, 8
A643-79a	1,2	Forjado	Cr/Mo	8018B2		E80C-B2
A554-81	A,B	Estanque a Pres.	Cr/Mo	9018B3		E90C-B3
	MT301,MT302	Estanque a Pres.	Baja Aleación	12018M		E120C-G
	MT304,MT305	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L,HISii	E30SLT-X
	MT304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E308LT-X
	MT309,MT309S	Tuberías	Inoxidables	309	ER309	E309LT-X
	MT309S-CB	Tuberías	Inoxidables	309CB		
	MT310,MT310S	Tuberías	Inoxidables	310	ER-310	
	MT316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L,HISII	E316LT-X
	MT316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER316L	E16LT-X
	MT317	Tuberías	Inoxidables	317		
	MT321,MT347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	MT330	Tuberías	Inoxidables	330		
	MT429,MT430	Tuberías	Inoxidables	430		
A566-79	A2,B2	Tuberías	Inoxidables	Similar a Al61		
	C2	Tuberías	Acero	7018	ER-80S-D2, ER-70S-6	E71T-1
A557-79		Tuberías	Acero	Similar a A556		
A562-79a		Estanque a Pres.	Acero	7018	ER70S-3,6	E70T-1,E71T-1
A569-72		Chapa Fleje	Acero	6012, 6013, 6022, 7014	ER70S-3,6	E71T-1, 11E71 T-GS
A570-79	30, 36, 40, 45	Chapa Fleje	Acero	AnyE60 o E70 electrodos	ER70S-3,6 ER-70S-3,6	E70T-1,E71T-1

ACEROS						
ASTM	GRADO	Estanque a Pres.	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A570-79	50	Chapa Fleje	Acero	7018, 7024		E70T-4.7.8,E71T-1
A572-81a	42 a 55	Estructural	Acero	Similar a A36		
	60 a 65	Estructural	Baja Aleación	8018C2		
A573-81		Estructural	Acero	Similar a A36		
A587-78		Cañerías	Acero	Similar a A53		
A588-81		Estructural	Acero	7018	ER-70S-3,6	E80T1-W,E80C-Ni2, 3
A589-81a		Cañerías	Acero	Similar a A53		E70T-6
A591-77		Acero	Galvanizado	7018	ER-70S-6	E71T-11,E71T-GS
A592-74	A,E,F	Tuberías	Baja Aleación	12018M		E120C-G
A595-80	A,B,C	Chapa	Acero	7018	ER-70S-3,6	E71T-1
A606-75		Chapa	Baja Aleación	7018	ER-70S-3,6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
A607-75	45		Baja Aleación	6010, 6012, 6012, 6013, 7014, 7018, 7024	ER-70S-3,6	E70T-1, 4, 7, 8, E71T-1, 11,E71T-GS
			Baja Aleación	7018	ER-70S-3,6	E70T-1, 4, 7, 8
	50	Chapa	Baja Aleación			E71T-1, 11,E71T-GS
	55	Chapa	Baja Aleación			
	60	Chapa	Baja Aleación	8018C3		
	65	Chapa	Baja Aleación			
	70	Chapa	Baja Aleación	9018M		
A611-72	A,B,C,D	Chapa	Acero	E60xx,E70xx electrodos	ER-70S-3,6	E70T-1.4, 7, 8,E71T-1
A611-72	E	Chapa	Acero	9018M	ER-80S-D2	E110T1-G,E110T5-K4
A612-79b		Estanque a Pres.	Acero	9018M	ER-80S-D2	E110T1-G,E110T5-K4
A-615-81	40	Reforzado	Acero	Similar a A82		
	60	Reforzado	Baja Aleación	9018M		
	75	Reforzado	Baja Aleación	10018M		E110T1-G,E110T5-K4

ASTM	GRADO	Estanque a Pres.	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A616-81a	50, 60	Reforzado	Baja Aleación	9018M		
A617-81a	40	Reforzado	Acero	Similar a A82		
	60	Reforzado	Baja Aleación	9018M		
A618-81	1, 2, 3	Tuberías	Acero	7018	ER-80S-D2	
A619-75		Chapa	Acero			
A620-75		Chapa	Acero	7014, 7024	ER-70S-3	E71T-GS,E71T-1
A621-75		Chapa, Fleje	Acero	7018		E70T-1,E71T-1
A622-75		Chapa, Fleje	Acero			
A632-80	TP304	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L,HISII	E308LT-X
A632-80	TP304L	Tuberías	Inoxidables	304L	ER-308L	E308LT-X
	TP310	Tuberías	Inoxidables	310	ER-310	
	TP316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L,HISII	E316LT-X
	TP316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER316L	E316LT-X
	TP317	Tuberías	Inoxidables	317		
	TP321	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP347	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP348	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
A633-79a	A,B,C,D	Estructural	Alta resistencia Baja Aleación	7018	ER-70S-3,6	E70T-1.4, 7, 811 E71T-GS,E71T-1
A642-71		Chapa	Galvanizado	7018	ER-70S-3,6	E71T-11,E71-GS
A643-78	A	Fundición	Acero	7018, 7024	ER-70S-3,6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
	B	Fundición	Acero	10018D2		E110T1-G,E110T5-K4
	C	Fundición	Acero	9018B3		E80C-B2
A651-79	TP409	Tuberías	Inoxidables	410		E409T-2G
	TPXMB	Tuberías	Inoxidables	347	ER-347	
	TP304	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L,HISII	E308LT-X
	TP316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316L,HISII	E316LT-X

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A678-75	B	Estructural	Ac.Carbono	9018M		E110T1-G,E1105T5-K4
	C	Estructural	Ac.Carbono	10018M		
A688-81	TP304	Tuberías	Inoxidables	308	ER-308L,HISII	E308LT-X
	TP304L	Tuberías	Inoxidables	308L	ER-308L	E308LT-X
	TP316	Tuberías	Inoxidables	316	ER-316,HISII	E316LT-X
	TP316L	Tuberías	Inoxidables	316L	ER-316	E316LT-X
A691-81	CM65,CM70	Cañerías	C-Ac.alaeación	7018A1	ER-80S-D2	E110T1-G,E1105T5-K4
	CM75	Cañerías	C-Ac.alaeación	10018M		E110T1-G,E1105T5-K4
	CMSH70	Cañerías	C-Ac.alaeación	7018	ER70S-3, 6	E71T-1
	CMS75	Cañerías	C-Ac.alaeación	9018M		E110T1-G,E1105T5-K4
	CMSH80	Cañerías	C-Ac.alaeación	8018C3		E80G-NiE8171-Ni2
	1/2CR	Cañerías	C-Ac.alaeación	8018B2		E80C-B2
A691-81	1CR,1-1/4CR	Cañerías	C-Ac.alaeación	8018B2		E80C-B2
	2-1/4CR	Cañerías	C-Ac.alaeación	8018B2		E90C-B3
	5CR	Cañerías	C-Ac.alaeación			E502T-1
A692-74		Tuberías	Cr/Mo	7018A1	ER-80S-D2	E110T1-G,E1105T5-K4
A694-81	F42,F46,R48	Fittings	C-Ac.alaeación	7018	ER70S-3, 6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
	F56,F50,F52	Fittings	C-Ac.alaeación	7018, 7028	ER-70S-3, 6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
	F60,F65	Fittings	C-Ac.alaeación	8018C3	ER-BOS-D2	E80C-Ni2,E81Ti-Ni2
A696-81	B,C	Barras	Acero	7018	ER-70S-3, 6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
A699-77	1, 2, 3, 4	Plancha, Barras	Aleación	10018D2		E110T1-G,E1105T5-K4,E120C-G
A704-74	40	Reforzado	Acero	7018	ER70S-3, 6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
	60	Reforzado	Acero	9018M		
A706-81		Reforzado	Baja aleación	8018C3	ER-80S-D2	E80C-Ni2,E81Ti-Ni2
A707-81	L1,L2,L3	Flanges	C.Ac.aleación	7018	ER-70S-3, 6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
	L4	Flanges	C.Ac.aleación	8018C1		E80C-Ni2
	L5,L6	Flanges	C.Ac.aleación	8018C3		E80C-Ni,E81Ti-Ni2

ASTM	GRADO	PRODUCTO	TIPO DE METAL	ARCO MANUAL	MIG-MAG-TIG	TUBULAR FCAW
A707-81	L7,L8	Flanges	C.Ac.aleación	8018C2		E80C-Ni3
A709-81a	36	Estructural	Alta resistencia	6012, 6013, 7014,	ER-70S-3, 6	E70T-1, E71T-1
	50, 50W	Estructural	Baja aleación Alta resistencia	7018, 7024 7018	ER-70S-3, 6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
	100, 100W	Estructural	Baja aleación Alta resistencia	11018M		E120C-G,E110T5-K4
A714-81	I,II,III,IV	Cañerías	Baja aleación	7018	ER-70S-3, 6	E70T-1,E71T-1
	V	Cañerías	Baja aleación	8018C1		E80C-Ni,E81Ti-Ni2
	VI	Cañerías	Baja aleación	8018C3		E80C-Ni,E81Ti-Ni2
A715-81	50	Chapa,fleje	Acero	6010, 6012, 6013, 7014, 7018, 7024	ER-70S-3, 6	E70T-1,E71T-1
	70	Chapa,fleje	Acero	8018C3	ER-80S-D2	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1
	80	Chapa,fleje	Q& T steel	9018M	ER-80S-D2	E110T1-G,E110T5-K4
A724-81	A	Estanque a pres.	Acero	9018M		
A732-80	1A,2A,3A	Fundición	Acero	9012, 6013, 7014	ER-70S-3, 6	E70T-1, 4, 7, 8,E71T-1

Características químicas y propiedades físicas

Especificación	Composición química % en peso (máximo)						Límite elástico KSI (mín.)	Última tensión KSI (mín.)	% de elong. en 0" (mín.)	Rango de espesor
	C	Mn	P	S	Si	Cb				
ASTM/ASME SA-285-C	0.28	0.90	0.035	0.035	0.40	0.020	30	55-75	27	1
ASTM/ASME SA-455	0.33	0.85-1.20	0.035	0.035	0.40	0.020	35	70-90	15	2
ASTM/ASME SA-515-60	0.27	0.90	0.035	0.035	0.15-0.40	0.020	33	60-80	20	2
ASTM/ASME SA-516-60	0.27	0.90	0.035	0.035	0.15-0.40	0.020	33	60-80	20	2
ASTM/ASME SA-516-70	0.31	1.20	0.035	0.035	0.15-0.40	0.030	38	70-90	17	2
ASTM/ASME SA-515-70	0.31	1.20	0.035	0.035	0.15-0.40	0.020	38	70-90	17	2
ASTM/ASME SA-612	0.25	1.0-1.35	0.035	0.035	0.15-0.40	-	50	61-101	16	2
AAR TC-128-B	0.25	1.0-1.35	0.035	0.035	0.15-0.40	0.020	50	61-101	16	2
NMX B-475 (1)	0.22	1.0-1.60	0.035	0.030	0.50	0.020-0.05	55	76-91	17	3

Características químicas y propiedades físicas

Especificación	Composición química % en peso (máximo)						Límite elástico KSI (mín.)	Última tensión KSI (mín.)	% de elong. en 0" (mín.)	Rango de espesor
	C	Mn	P	S	Si	Cb				
ASTM/ASME SA-285-C	0.28	0.90	0.035	0.035	0.40	0.020	30	55-75	27	1
ASTM/ASME SA-455	0.33	0.85-1.20	0.035	0.035	0.40	0.020	35	70-90	15	2
ASTM/ASME SA-515-60	0.27	0.90	0.035	0.035	0.15-0.40	0.020	33	60-80	20	2
ASTM/ASME SA-516-60	0.27	0.90	0.035	0.035	0.15-0.40	0.020	33	60-80	20	2
ASTM/ASME SA-516-70	0.31	1.20	0.035	0.035	0.15-0.40	0.030	38	70-90	17	2
ASTM/ASME SA-515-70	0.31	1.20	0.035	0.035	0.15-0.40	0.020	38	70-90	17	2
ASTM/ASME SA-612	0.25	1.0-1.35	0.035	0.035	0.15-0.40	-	50	61-101	16	2
AAR TC-128-B	0.25	1.0-1.35	0.035	0.035	0.15-0.40	0.020	50	61-101	16	2
NMX B-475 (1)	0.22	1.0-1.60	0.035	0.030	0.50	0.020-0.05	55	76-91	17	3

Características químicas y propiedades físicas

Especificación	Composición química % en peso (máximo)						V	límite elástico KSI min	límite tensión KSI min	% de elongación E' min	Rango de dimensión
	C	Mn	P	S	Si	Cb					
ASTMA-283-A	0.14	0.90	0.035	0.040	0.40	-	-	24	45-60	27	1
ASTMA-283-B	0.17	0.90	0.035	0.040	0.40	-	-	27	50-65	25	1
ASTMA-283-C	0.24	0.90	0.035	0.040	0.40	-	-	30	55-75	22	1
ASTMA-36	0.27	1.20	0.040	0.050	0.40	-	-	36	58-80	20	1
ABS A	0.23	1.35	0.035	0.040	-	-	-	34	58-71	21	1
ABS B	0.21	0.80-1.10	0.035	0.040	0.35	-	-	34	58-71	21	1
ABS D	0.21	0.70-1.35	0.035	0.040	0.10-0.35	-	-	34	58-71	21	1
ABS E	0.18	0.70-1.35	0.036	0.040	0.10-0.35	-	-	34	58-71	21	1
LLOYD'S A	0.23	1.35	0.035	0.040	-	-	-	34	58-71	21	1
LLOYD'S B	0.21	0.80-1.10	0.035	0.040	0.35	-	-	34	58-71	21	1
LLOYD'S D	0.21	0.70-1.35	0.035	0.040	0.10-0.35	-	-	34	58-71	21	1
LLOYD'S E	0.18	0.70-1.35	0.035	0.040	0.10-0.35	-	-	34	58-71	21	1
ASTMA-131-A	0.21	0.52	0.035	0.035	0.50	-	-	34	58-75	21	1
ASTMA-131-B	0.21	0.80 min	0.035	0.035	0.35	-	-	34	58-75	21	1
ASTMA-131-D	0.21	0.60 (max)	0.035	0.035	0.10-0.35	-	-	34	58-75	21	1
ASTMA-131-E	0.18	0.70 (max)	0.035	0.035	0.10-0.35	-	-	34	58-75	21	1
DIN S-235	0.20	0.90	0.035	0.040	-	-	-	35	49-68	20	2
DIN S-275	0.21	1.50	0.035	0.040	-	-	-	37	59-81	20	2
DIN S-355	0.24	1.50	0.035	0.040	0.55	-	-	51	71-91	18	3
ASTMA-572-50	0.23	1.35	0.035	0.035	0.40	0.050	0.36	50	65	18	2
ASTMA-572-60	0.26	1.35	0.035	0.040	0.40	0.050	0.15	60	75	16	2

BIBLIOGRAFÍA

Fernández Flores G.
Soldadura y Metalurgia
Ed. Continental
México 1986

Franche G. – Séférián O.
Practica de Soldadura Autógena
Ed. Gustavo Gili
México 1988

Guadilla López Antonio
Tecnología Elemental de la Soldadura por Arco Eléctrico
Ed. Dossat
4º. Edición
España

González Florentino
Manual del Soldador Eléctrico
Ed. Gustavo Gili
5º. Edición
Barcelona 1964

Grachino Joseph W.; Weeks William
Técnica y Práctica de la Soldadura
Ed. Reverte

Instituto Politécnico Nacional
Soldadura
México
1992

Lancaster
Tratado de Soldadura
Ed. Tecnos
España 1972

Messer Griesheim G.
Aleaciones Especiales para Soldadura de Mantenimiento y
Reparaciones
Republica Federal Alemania

Molera Solá
Soldadura Industrial Clases y Aplicaciones
Ed. Marcombo
Productica
España. 1992

Shimpke P. – H. A. Horn
Tratado General de Soldadura y Corte con Soplete. Tomo I
Ed. Gustavo Gili, S. A.
México, 1982
ARA

Shimpke P. – H. A. Horn
Tratado General de Soldadura Eléctrica. Tomo II
Ed. Gustavo Gili, S. A.
México, 1982
ARA

www.infra.com
INFRA, S. A. de C. V. División, Soldadura

www.indura.com
INDURA División de Soldaduras
Procesos de Soldadura

www.oerlikon.com
Air Liquide Oerlikon
División Proceso de Soldadura