

Máster Universitario en Gestión de Prevención de Riesgos
Laborales

Facultad de Ciencias del Trabajo

Universidad de León

Curso 2018/2019

**RIESGOS LABORALES EN LOS PROCESOS DE
SOLDADURA POR FUSIÓN**

**OCCUPATIONAL RISKS IN FUSION WELDING
PROCESSES**

Realizado por el alumno D. Gonzalo Falagan Casado.

Tutorizado por el Profesor D. Gabriel Búrdalo Salcedo

Índice de contenidos

Índice de contenidos.....	3
Índice de figuras.....	6
Índice de cuadros y tablas.....	10
Glosario de signos, símbolos, unidades, abreviaturas, acrónimos o términos.....	11
Memoria.....	14
Resumen.....	14
Palabras clave.....	14
Abstract.....	15
Keywords.....	15
Objetivos del trabajo.....	16
Metodología.....	17
Cuerpo del trabajo.....	18
0. Introducción.....	18
1. Antecedentes.....	19
2. Estado del arte.....	20
2.1 Soldadura con oxígeno y combustible gaseoso. OFW.....	20
2.2 Procesos de soldadura por arco: electrodo no consumible.....	22
2.2.1 Soldadura por arco de tungsteno y gas. GTAW.....	23
2.2.2 Soldadura por arco de plasma. PAW.....	23
2.2.3 Soldadura con hidrógeno atómico. AHW.....	24
2.3 Procesos de soldadura por arco: electrodo consumible.....	25

2.3.1	Soldadura con arco y metal protegido. SMAW	25
2.3.2	Soldadura por arco sumergido. SAW.....	27
2.3.3	Soldadura por arco metálico y gas. GMAW	28
2.3.4	Soldadura de arco con núcleo fundente. FCAW	30
2.3.5	Soldadura eléctrica por gas. EGW	31
2.3.6	Soldadura con electroescoria. ESW	32
2.4	Soldadura por haz de electrones. EBW	33
2.5	Soldadura por rayo láser. LBW	34
3.	Soldadura manual o con presencia permanente del operario	37
3.1	Soldadura oxiacetilénica.....	38
3.1.1	Introducción	38
3.1.2	Equipos de trabajo, herramientas y materiales.....	39
3.1.3	Descripción del proceso	44
3.1.4	Evaluación de riesgos.....	50
3.1.5	Medidas preventivas.....	51
3.2	Soldadura GTAW (TIG).....	57
3.2.1	Introducción	57
3.2.2	Equipos de trabajo, herramientas y materiales.....	58
3.2.3	Descripción del proceso	62
3.2.4	Evaluación de riesgos.....	68
3.2.5	Medidas preventivas.....	69
3.3	Soldadura SMAW & FCAW	75
3.3.1	Introducción	75
3.3.2	Equipos de trabajo, herramientas y materiales.....	75

3.3.3	Descripción del proceso	78
3.3.4	Evaluación de riesgos.....	82
3.3.5	Medidas preventivas.....	83
3.4	Soldadura GMAW (MIG & MAG)	89
3.5.1	Introducción	89
3.5.2	Equipos de trabajo, herramientas y materiales.....	90
3.5.3	Descripción del proceso	91
3.5.4	Evaluación de riesgos.....	94
3.4.5	Medidas preventivas.....	95
	Conclusiones y recomendaciones.....	101
	Lista de referencias bibliográficas.....	102
	Anexos.....	104
	Anexo 1: Elección del filtro de la pantalla de soldadura.....	104
	Anexo 2: Electrodo para soldadura por arco.....	105
	Anexo 3: Evaluación de riesgos INSHT.....	107
	Anexo 4: Equipos de Protección Individual	110
	Anexo 5: Equipos de protección colectiva	117
	Anexo 6: Enfermedades profesionales asociadas a la soldadura.....	120
	Anexo 7: Patologías debidas a los humos de soldadura	122
	Anexo 8: Límites de exposición ambiental para agentes químicos presentes en la soldadura.	125

Índice de figuras

<i>Figura 2.1 Principio de operación de la soldadura de oxígeno y combustibles gaseosos (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)</i>	20
<i>Figura 2.2 Llama neutra (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología).....</i>	21
<i>Figura 2.3 Llama oxidante (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)</i>	21
<i>Figura 2.4 Llama reductora (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)</i>	22
<i>Figura 2.5 Proceso de soldadura por arco de tungsteno y gas (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología).....</i>	23
<i>Figura 2.6 A la izquierda transferido y a la derecha no transferido (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)</i>	24
<i>Figura 2.7 Soldadura con hidrógeno atómico (Fuente: slideshare.net).....</i>	25
<i>Figura 2.8 Esquema de soldadura con arco y metal protegido (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)</i>	26
<i>Figura 2.9 Soldadura con arco y metal protegido (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología).....</i>	26
<i>Figura 2.10 Soldadura por arco sumergido (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)</i>	27
<i>Figura 2.11 Soldadura por arco metálico y gas (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología).....</i>	28
<i>Figura 2.12 Equipo básico para soldadura GMAW (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología).....</i>	29
<i>Figura 2.13 Soldadura por arco con núcleo de fundente (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología).....</i>	30
<i>Figura 2.14 Esquema soldadura eléctrica por gas (Fuente: slideshare.net)</i>	32
<i>Figura 2.15 Soldadura con electroescoria (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)</i>	32

<i>Figura 2.16 Esquema de la soldadura con electroescoria (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología).....</i>	33
<i>Figura 2.17 Esquema soldadura EBW (Fuente: mech4study.com).....</i>	34
<i>Figura 2.18 Esquema de soldadura LBW (Fuente: theweldingmaster.com).....</i>	35
<i>Figura 3.1 Robot de soldadura (Fuente: rivasrobotics.com).....</i>	37
<i>Figura 3.2 Soldadura OAW (Fuente: hilenia2011.com).....</i>	38
<i>Figura 3.3 Botella de Acetileno (Fuente: stag.es).....</i>	39
<i>Figura 3.4 Botella de Oxígeno (Fuente: sumigas.net).....</i>	40
<i>Figura 3.5 Manorreductor y válvula anti retorno (Fuente: sumigas.net).....</i>	40
<i>Figura 3.6 Mangueras (Fuente: spanish.flexiblerubberhoses.com).....</i>	41
<i>Figura 3.7 Soplete (Fuente: aiq.es).....</i>	41
<i>Figura 3.8 Amoladora (Fuente: insemactools.es).....</i>	42
<i>Figura 3.9 Presilla (Fuente: ecured.cu).....</i>	42
<i>Figura 3.10 Mordaza de banco (Fuente: fervi.com).....</i>	43
<i>Figura 3.11 Varillas de aporte (Fuente: soldadoras.com).....</i>	43
<i>Figura 3.12 Fundente para soldaduras de plata (Fuente: soldaduraszelecta.com).....</i>	44
<i>Figura 3.13 Gafas de protección OAW (Fuente: pronorsl.es).....</i>	45
<i>Figura 3.14 Regulación de la llama (Fuente: YouTube).....</i>	46
<i>Figura 3.15 Soldadura GTAW (Fuente: fbrmuntatges.com).....</i>	57
<i>Figura 3.16 Fuente de alimentación GTAW (Fuente: agoradirect.es).....</i>	58
<i>Figura 3.17 Antorcha GTAW (Fuente: solochapa.com).....</i>	59
<i>Figura 3.18 Pinza de masa (Fuente: manomano.es).....</i>	59
<i>Figura 3.19 Bombona de gas inerte y válvula (Fuente: ebay.com).....</i>	60
<i>Figura 3.20 Electrodo de Tungsteno (Fuente: grainger.com.mx).....</i>	61

<i>Figura 3.21 Varillas de aporte (Fuente: gasesmataderos.com)</i>	61
<i>Figura 3.22 EPI's soldadura (Fuente: Wikihow.com)</i>	63
<i>Figura 3.23 Afilado del electrodo de Tungsteno (Fuente: Wikihow.com)</i>	63
<i>Figura 3.24 Doblado de la punta del material de aporte (Fuente: hagalousstedmismo.cl)</i>	64
<i>Figura 3.25 Conexiones GTAW (Fuente: wikihow.com)</i>	64
<i>Figura 3.26 Apertura del gas de la bombona (Fuente: Wikihow.com)</i>	65
<i>Figura 3.27 Ajuste del amperaje (Fuente: Wikihow.com)</i>	65
<i>Figura 3.28 Soldadura SMAW (Fuente: differencebox.com)</i>	75
<i>Figura 3.29 Pinza porta electrodo (Fuente: tufferre.com)</i>	76
<i>Figura 3.30 Piqueta de soldador (Fuente: manomano.es)</i>	77
<i>Figura 3.31 Cepillo de alambres (Fuente: 2rtools.com)</i>	77
<i>Figura 3.32 Electrodo revestido (Fuente: soldemos.net)</i>	78
<i>Figura 3.33 Mandil de cuero para soldadura (Fuente: distincion.eu)</i>	79
<i>Figura 3.34 Polaridad SMAW (Fuente: Pinterest)</i>	80
<i>Figura 3.35 Cebado del arco (Fuente: flickr.com)</i>	80
<i>Figura 3.36 Cascarilla SMAW (Fuente: reparatucultivador.com)</i>	81
<i>Figura 3.37 Soldadura GMAW (Fuente: fbrmuntatges.com)</i>	89
<i>Figura 3.38 Pistola GMAW (Fuente: thefabricator.com)</i>	90
<i>Figura 3.39 Hilo de alimentación GMAW (Fuente: Codesol)</i>	91
<i>Figura 3.40 Mascarilla de protección contra humos de soldadura (Fuente: lubeseguridad.com.ar)</i>	92
<i>Figura 3.41 Equipo completo GMAW (Fuente: institutoasteco.com)</i>	93
<i>Figura 0.1 Electrodos de tungsteno comerciales (Fuente: IndiaMart.com)</i>	105
<i>Figura 0.2 Casco de protección (Fuente: equipodeproteccionindividual.com)</i>	110

<i>Figura 0.3 Bota de seguridad soldadura (Fuente: directindustry.es)</i>	111
<i>Figura 0.4 Polainas (Fuente: suministroslaborales.com)</i>	111
<i>Figura 0.5 Gafas contra la proyección de partículas (Fuente: equipodeproteccionindividual.com)</i>	112
<i>Figura 0.6 Careta de soldar automática (Fuente: epi.tienda)</i>	112
<i>Figura 0.7 Careta de soldar fija (Fuente: manomano.es)</i>	113
<i>Figura 0.8 Mascarilla reutilizable (Fuente: 3M)</i>	113
<i>Figura 0.9 Mascarilla desechable (Fuente: 3M)</i>	114
<i>Figura 0.10 Equipo de respiración semiautonomo (Fuente: 3M)</i>	114
<i>Figura 0.11 Tapones para los oídos (Fuente: 3M)</i>	115
<i>Figura 0.12 Casaca de cuero (Fuente: epplima.com=</i>	115
<i>Figura 0.13 Guantes y manguitos para soldar (Fuente: Amazon)</i>	116
<i>Figura 0.14 Mandil de soldador (Fuente: epiplus.es)</i>	116
<i>Figura 0.15 Cortina de soldadura (Fuente: galagar.com)</i>	117
<i>Figura 0.16 Campana móvil (Fuente: INHST)</i>	118
<i>Figura 0.17 Mesa con aspiración descendente (Fuente: INHST)</i>	118
<i>Figura 0.18 Recinto acotado (Fuente: INHST)</i>	119
<i>Figura 0.19 Extractor de conducto acoplado a pistola GMAW (Fuente: binzel.com.mx) ...</i>	119

Índice de cuadros y tablas

<i>Tabla 3.1 Evaluación de riesgos OAW</i>	51
<i>Tabla 3.2 Evaluación de riesgos GTAW</i>	69
<i>Tabla 3.3 Evaluación de riesgos SMAW & FCAW</i>	83
<i>Tabla 3.4 Evaluación de riesgos GMAW</i>	95
<i>Tabla 0.1 Filtro de pantalla OAW</i>	104
<i>Tabla 0.2 Filtro de pantalla soldadura con arco o plasma</i>	104
<i>Tabla 0.3 Aleaciones y clasificaciones de electrodo de Tungsteno según AWS e ISO (Fuente: josecarlosmoreno.com)</i>	105
<i>Tabla 0.4 Niveles de riesgo (Fuente: INSHT)</i>	107
<i>Tabla 0.5 Valoración de los riesgos (Fuente: INSHT)</i>	107
<i>Tabla 0.6 Clasificación de los riesgos (Fuente: INSHT)</i>	108
<i>Tabla 0.7 Clasificación de los riesgos 2 (Fuente: INSHT)</i>	109
<i>Tabla 0.8 Exposición máxima humos de soldadura (Fuente: INSST)</i>	126

Glosario de signos, símbolos, unidades, abreviaturas, acrónimos o términos

AHW	Atomic Hydrogen Welding
Arco eléctrico	Es un fenómeno eléctrico que sucede entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial dentro de un medio gaseoso. La descarga está producida por electrones que van desde el electrodo negativo al positivo, pero también, en parte por iones positivos que se mueven en sentido opuesto. El choque de los iones genera un calor intenso en los electrodos, calentándose más el electrodo positivo debido a que los electrones que golpean contra él tienen mayor energía total.
Autógena	Soldadura oxiacetilénica en la que no se utiliza metal de aporte.
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
Coalescencia	La posibilidad de que dos o más materiales se unan en un único cuerpo. En soldadura mediante acción térmica, se consigue con granos parcialmente fundidos y formando un único sistema de cristales.
Distorsión	Cambio dimensional fundamental. El metal se contrae irregularmente durante el enfriamiento del sólido hasta la temperatura ambiente, resultando en una contracción sobre la soldadura y ejerciendo una fuerza excéntrica en la sección transversal de la soldadura. La soldadura se deforma elásticamente en respuesta a las tensiones causadas por la contracción del metal de soldadura, por lo que se puede observar la tensión irregular en la distorsión macroscópica.
EBW	Electron-Beam Welding

EGW	ElectroGas Welding
Electrodo	Es un conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito.
ESW	ElectroSlag Welding
FCAW	Flux-Cored Arc Welding
GMAW	Gas Metal Arc Welding
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding
LBW	Laser-Beam Welding
MAG	Metal Arc Welding
Metal de aporte	Metal que se añade a la soldadura que tiene un punto de fusión aproximadamente igual o por debajo del metal que se está soldando.
MIG	Metal Inert Gas
OAW	Oxy-Acetylene Welding
OFW	Oxy-Fuel Welding
Oxidación	Reacción química donde un elemento cede electrones, generalmente la transferencia de electrones se da mediante la adquisición de átomos de oxígeno.
PAW	Plasma Arc Welding
Plasma	Es un estado de agregación de la materia. Estado similar al gaseoso pero en el que determinada proporción de sus partículas, están ionizadas.

Polaridad directa	La corriente en CC fluye desde el electrodo hacia la superficie de la soldadura.
Polaridad inversa	La corriente en CC la corriente fluye desde el metal hacia el electrodo, lo cual causa una mayor concentración de calor en el electrodo.
SAW	Submerged Arc Welding
SMAW	Shielded Metal Arc Welding
TIG	Tungsten Inert Gas
YAG	Yttrium Aluminium Garnet

Memoria

Resumen

Este trabajo analiza los riesgos de los diferentes procesos de soldadura que hoy en día se realizan de forma manual, aunque muchos de ellos ya han sido automatizados, en función de las características del trabajo se aplican de forma manual. En los procesos automatizados al no existir la presencia del trabajador el riesgo es eliminado. En la actualidad tenemos cuatro métodos que son manuales: la soldadura oxiacetilénica, la soldadura de tungsteno y gas inerte, la soldadura con electrodo revestido y la soldadura por arco metálico y gas. Existen diferencias entre los riesgos de cada método. La soldadura acetilénica al usar gases inflamables y oxígeno puro quizá la convierte en la más peligrosa. La soldadura con arco de tungsteno es capaz de producir grandes cantidades de ozono. En sus inicios se usaban electrodos de tungsteno con torio que al ser afilados emitían partículas radioactivas. La soldadura con electrodo revestido emite demasiados humos metálicos. La soldadura por arco metálico y gas es la menos peligrosa en cuanto a gases, pero es más costoso su equipo. Los humos de soldadura dependen principalmente de cuatro factores: del material base, recubrimiento del metal base, del metal de aporte y los gases protectores y del aire circundante.

Palabras clave

Soldadura, humos de soldadura, prevención, riesgos

Abstract

This work analyzes the risks of the different welding processes that are currently carried out manually, although many of them have already been automated, depending on the characteristics of the work are applied manually. In automated processes, since there is no worker present, the risk is eliminated. Currently we have four methods that are manual: oxyacetylene welding, gas tungsten inert gas, shielded metal arc welding and gas metal arc welding. There are differences between the risks of each method. Acetylene welding using flammable gases and pure oxygen perhaps makes it the most dangerous. Tungsten arc welding is capable of producing large quantities of ozone. In the beginning, tungsten electrodes with thorium were used, which when sharpened emitted radioactive particles. Coated electrode welding emits too many metal fumes. Arc and gas welding is the least dangerous in terms of gases, but its equipment is more expensive. Welding fumes depend mainly on four factors: the base material, the base metal coating, the filler metal and the protective gases and the surrounding air.

Keywords

Welding, welding fumes, prevention, risks

Objetivos del trabajo

El objetivo de este trabajo es analizar los riesgos específicos de las labores de soldadura, pues muchos de estos riesgos son desconocidos, primero por la población general y segundo por los propios trabajadores y usuarios. Analizar los riesgos que entraña cada tipo de soldadura y los daños que nos puede producir cada uno de ellos, así como, establecer las medidas preventivas y los equipos de protección necesarios para reducir los riesgos.

Metodología

La metodología aplicada en esta obra ha sido tanto documental como experimental.

Documental porque se han consultado manuales de fabricantes, videos de los procesos, Notas Técnicas de Prevención promulgadas por el INHST, Guías de buenas prácticas, Manuales de Seguridad y Prevención y consulta a trabajadores del sector.

Experimental pues el autor de esta obra ha realizado tareas puntuales de soldadura y se observan aspectos y procedimientos que no aparecen en los manuales.

Una vez sintetizada toda la información ha sido plasmada para que cualquier lector no tenga problemas en consultarla.

Cuerpo del trabajo

0. Introducción

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de Riesgos Laborales en su Artículo 2.1 nos dice “La presente Ley tiene por objeto promover la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo” además de “A tales efectos, esta Ley establece los principios generales relativos a la prevención de los riesgos profesionales para la protección de la seguridad y de la salud, la eliminación o disminución de los riesgos derivados del trabajo, la información, la consulta, la participación equilibrada y la formación de los trabajadores en materia preventiva, en los términos señalados en la presente disposición”. En su artículo 4 nos define la palabra prevención: “conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo”, también nos define riesgo laboral: “la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo” además de daños derivados del trabajo: “las enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo”.

Hoy en día, en cualquier taller, por pequeño que sea vemos un equipo de soldadura, incluso quien sea amante del bricolaje en su pequeño taller doméstico tiene un equipo de soldadura. Como vemos es un equipo muy fácil y barato de conseguir (hasta en algún supermercado se encuentra). Lo que una parte importante de usuarios desconoce son sus riesgos, sus daños y su prevención, pues aunque esta operación se realice fuera del trabajo nuestra seguridad y salud se ve afectada tanto en tiempo y lugar de trabajo como fuera de él.

1. Antecedentes

El presente trabajo nace como una guía específica de riesgos derivados de los procesos manuales de soldadura. Aunque está aplicada a los riesgos laborales, también es aplicable a labores domésticas por seguridad de los usuarios y de terceros. Mucha gente tanto profesional como aficionada a la soldadura desconoce los riesgos tan graves que conlleva esta actividad. El propio autor de esta obra, que ha realizado profesionalmente labores de soldadura, desconocía gran parte de estos riesgos antes de escribirla.

Éste trabajo nace también motivado por la precariedad existente en materia de prevención y de información para los soldadores, pues con una simple protección ocular y unos guantes, considera el empresario que el trabajador está protegido. Muchas veces vemos la prevención de riesgos laborales como la medida para controlar aquel riesgo que es visible (por ejemplo: quemaduras, cortes) que son lesiones que a corto plazo desaparecen. Pero no nos fijamos en que muchos riesgos no se ven (por ejemplo: humos de soldadura) y cuyas consecuencias más graves aparecen a largo plazo y en el peor de los casos son crónicas.

2. Estado del arte

Hoy en día con el avance de la tecnología y de las necesidades de los procesos de fabricación tenemos una gran variedad de tipos de soldadura. Éstas se seleccionarán en función de las siguientes necesidades: Resistencia, variedad de diseño, tamaño de las partes, tolerancias, confiabilidad, facilidad de mantenimiento, inspección visual, costo, nivel de habilidad, posición de soldado, distorsión, manual, automática, etc.

La soldadura por fusión se define como la fusión conjunta y coalescencia de materiales por medio de calor, comúnmente provisto por medios químicos o eléctricos. Pueden utilizarse o no metales de aporte. La soldadura por fusión por medios químicos comprende la de oxígeno y combustible gaseoso y termitas. La soldadura por fusión por medios eléctricos comprende los procesos de soldadura por arco con electrodo consumible y no consumible, y soldadura por haz de alta energía [1]. La información contenida en este estado del arte ha sido extraída de [1].

La soldadura por fusión se divide en los siguientes tipos: Soldadura con oxígeno y combustible gaseoso, soldadura por arco: electrodo no consumible, soldadura por arco: electrodo consumible, soldadura por haz de electrones y soldadura por rayo láser.

2.1 Soldadura con oxígeno y combustible gaseoso. OFW

La soldadura con oxígeno y combustibles gaseosos (OFW) es un término general utilizado para describir cualquier proceso de soldadura que use un gas combustible con oxígeno para producir una llama. Ésta es la fuente de calor que se utiliza para fundir los metales en la unión. El proceso más común de soldadura con gas emplea acetileno gaseoso (C_2H_2), este proceso se conoce como soldadura con oxiacetileno (OAW) y suele usarse en la fabricación de lámina metálica estructural, carrocerías de automóviles y diversos trabajos de reparación [1].

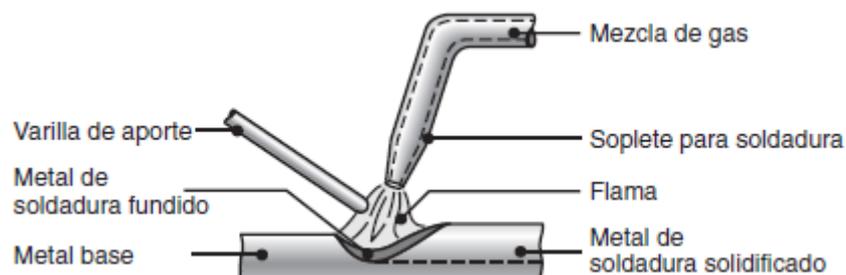


Figura 2.1 Principio de operación de la soldadura de oxígeno y combustibles gaseosos

(Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)

El proceso OAW se desarrolló a principios del siglo XX. El calor se genera de acuerdo a un par de reacciones químicas. El proceso de combustión primaria, que se efectúa en el cono interior de la llama, en la cual se disocia el acetileno y forma monóxido de carbono e hidrogeno y produce casi la tercera parte del calor generado en la llama. La segunda reacción consiste en el quemado posterior del hidrógeno y del monóxido de carbono, que produce casi las dos terceras partes del calor total. Las temperaturas que se producen en la llama pueden llegar a los 3300°C [1]. En este proceso tenemos tres tipos de llamas en función de la proporción de acetileno y de oxígeno en la mezcla de gas:

- Llama neutra: Se considera cuando la relación es 1:1, es decir, cuando no hay exceso de oxígeno.

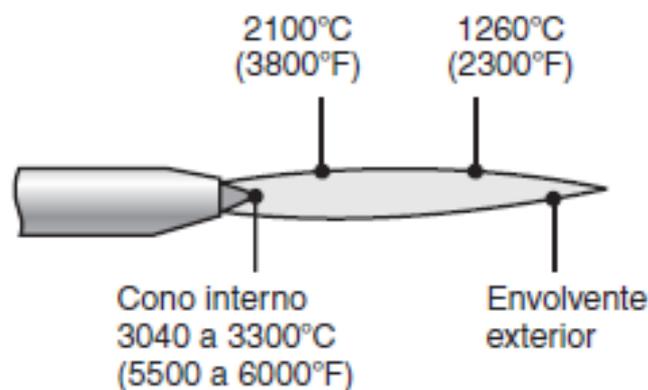


Figura 2.2 Llama neutra (Fuente: *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*)

- Llama oxidante: Es una llama oxidante cuando tenemos un exceso de oxígeno. Este tipo de llama puede ser dañina para los aceros porque los oxida. Se recomienda para la soldadura de cobre y sus aleaciones, en las que se forma una capa protectora delgada de escoria (compuestos de óxidos) sobre el metal fundido [1].

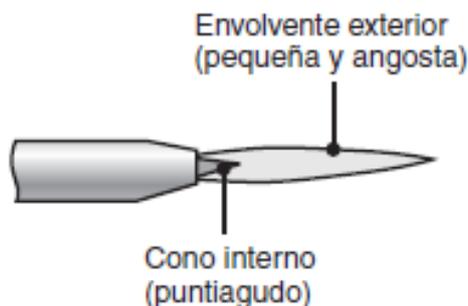


Figura 2.3 Llama oxidante (Fuente: *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*)

- Llama reductora o carburante: Con deficiencia de oxígeno la llama se denomina reductora. La temperatura de este tipo de llama es menor.

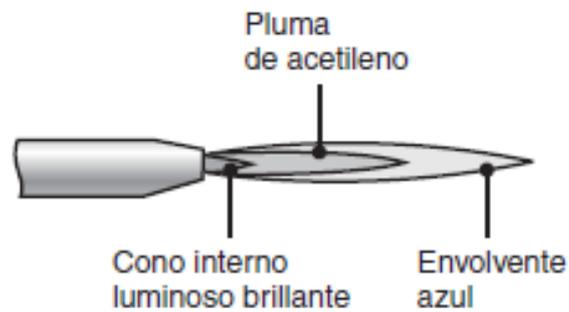


Figura 2.4 Llama reductora (Fuente: *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*)

En este tipo de soldadura se puede o no añadir material de aporte, en caso de no añadir se denomina autógena. Los metales de aporte se utilizan para suministrar material adicional a la zona de soldadura durante la operación. Consiste en varillas de aporte o alambre y pueden ser desnudas o estar recubiertas con un fundente. El propósito del fundente es retardar la oxidación de las superficies de las partes que se están soldando, generando una protección *gaseosa* en torno de la zona de soldadura. El fundente también ayuda a disolver y eliminar los óxidos y otras sustancias de la zona de soldado, por lo que contribuye a la formación de una unión más resistente. La escoria que se forma (compuestos de óxidos, fundentes y materiales de electrodos recubiertos) protege la mezcla de metales fundidos contra la oxidación mientras se enfría.

2.2 Procesos de soldadura por arco: electrodo no consumible

En la soldadura por arco, desarrollada a principios del siglo XX, el calor requerido se obtiene de la energía eléctrica. El proceso puede implicar un electrodo consumible o uno no consumible. Se produce un arco entre la punta del electrodo y la pieza de trabajo que se va a soldar, mediante una fuente de alimentación de CA o de CC. Este arco produce temperaturas de unos 30.000 °C [1].

En los procesos de soldadura con electrodo no consumible, generalmente el electrodo es de tungsteno. Debido a la alta temperatura es necesaria una protección externa de gas para evitar la oxidación de la zona de soldadura [1].

2.2.1 Soldadura por arco de tungsteno y gas. GTAW

En la soldadura por arco de tungsteno y gas (GTAW), que antes se conocía como soldadura TIG, el metal de aporte es suministrado por un alambre. Debido a que en esta operación no se consume el electrodo de tungsteno, se mantiene una abertura de arco constante y estable en un nivel constante de corriente. El gas de protección suele ser argón o helio, o una mezcla de los dos. Puede efectuarse sin metales de aporte, por ejemplo en el soldado de juntas de ajuste preciso. Se puede usar torio o zirconio en los electrodos de tungsteno a fin de mejorar sus características de emisión de electrones [1].

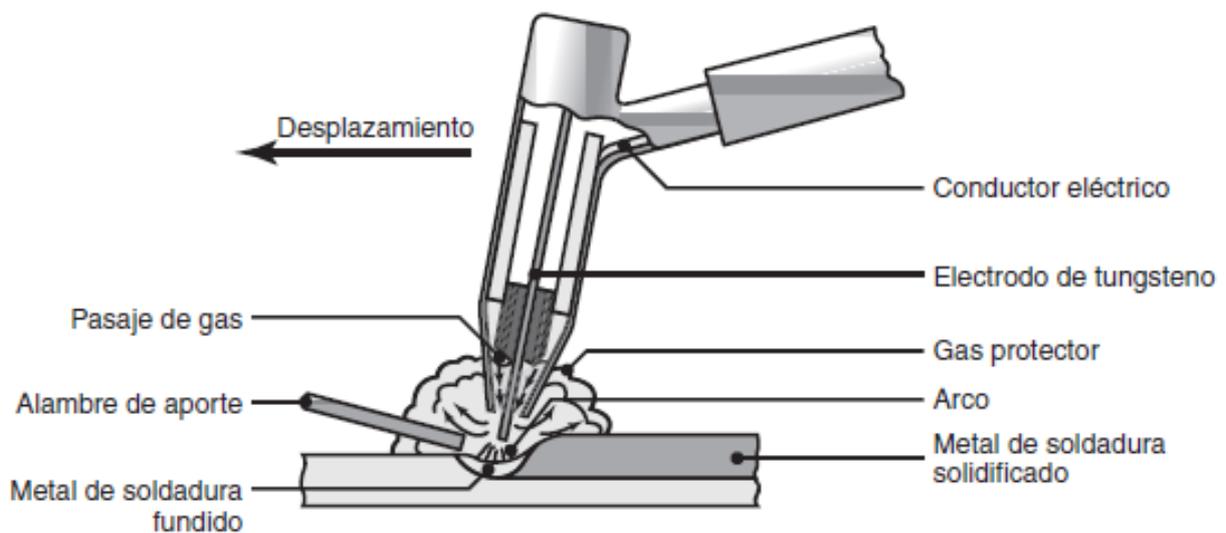


Figura 2.5 Proceso de soldadura por arco de tungsteno y gas (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)

2.2.2 Soldadura por arco de plasma. PAW

En la soldadura por arco de plasma (PAW), desarrollada en la década de 1960, se produce un arco concentrado de plasma que se dirige hacia el área de la soldadura. El arco es estable y alcanza temperaturas de hasta 33.000 °C. Un plasma es un gas caliente ionizado, formado por cantidades casi iguales de electrones e iones positivos. El plasma se inicia entre el electrodo de tungsteno y el orificio, mediante un arco piloto de baja corriente. A diferencia de otros procesos, el arco de plasma se concentra, porque se hace pasar por un orificio relativamente pequeño. Las corrientes de operación suelen ser menores a 100 A, pero pueden ser mayores en aplicaciones especiales. Cuando se usa un metal de aporte, se alimenta el arco, como se hace en GTAW. Se protegen el arco y la zona de soldadura mediante un anillo protector

externo, y se utilizan gases como argón, helio o mezclas de ellos. Existen dos métodos para soldar por arco de plasma [1]:

- Método de arco transferido. La pieza que se suelda es parte de un circuito eléctrico. El arco se transfiere del electrodo a la pieza de trabajo [1].
- Método de arco no transferido. El arco se produce entre el electrodo y la boquilla, y el calor se transfiere a la pieza de trabajo mediante gas de plasma. Este mecanismo de transferencia térmica es similar al de OFW [1].

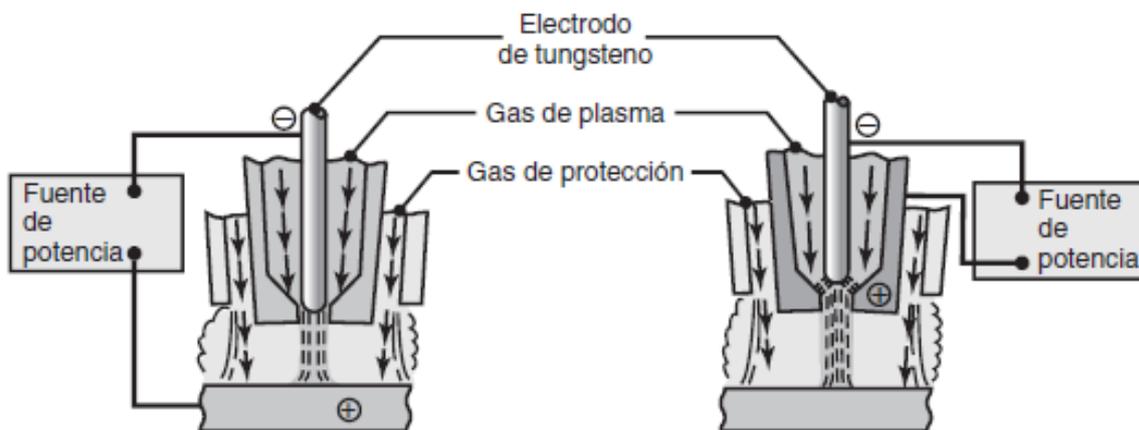


Figura 2.6 A la izquierda transferido y a la derecha no transferido (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)

La soldadura con arco de plasma se usa con frecuencia, más que el arco de tungsteno y gas, para uniones a tope y traslapadas, por su mayor concentración de energía, mejor estabilidad de arco y mayores velocidades de soldado. Es fundamental que quienes utilizan este equipo tengan una capacitación y habilidad apropiadas. Las consideraciones de seguridad incluyen la protección contra los reflejos, salpicaduras y el ruido del arco de plasma [1].

2.2.3 Soldadura con hidrógeno atómico. AHW

En la soldadura con hidrógeno atómico (AHW) se genera un arco entre dos electrodos de tungsteno, en una atmósfera protectora de hidrógeno. El arco se mantiene independiente de la pieza de trabajo o partes a soldar. El hidrógeno es biatómico (H_2), pero cuando las temperaturas superan los $6000\text{ }^\circ\text{C}$ cerca del arco, se descompone en su forma atómica, absorbiendo de manera simultánea una gran cantidad de calor del arco. Cuando el hidrógeno incide en una superficie relativamente fría (es decir, la zona de soldadura), se recombina con su forma biatómica y libera con rapidez el calor almacenado. En la AHW se puede variar con

facilidad la energía cambiando la distancia entre la corriente del arco y la superficie de la pieza de trabajo. Este proceso ha sido reemplazado por la soldadura por arco y metal protegido, debido sobre todo a la disponibilidad de gases inertes económicos [1].

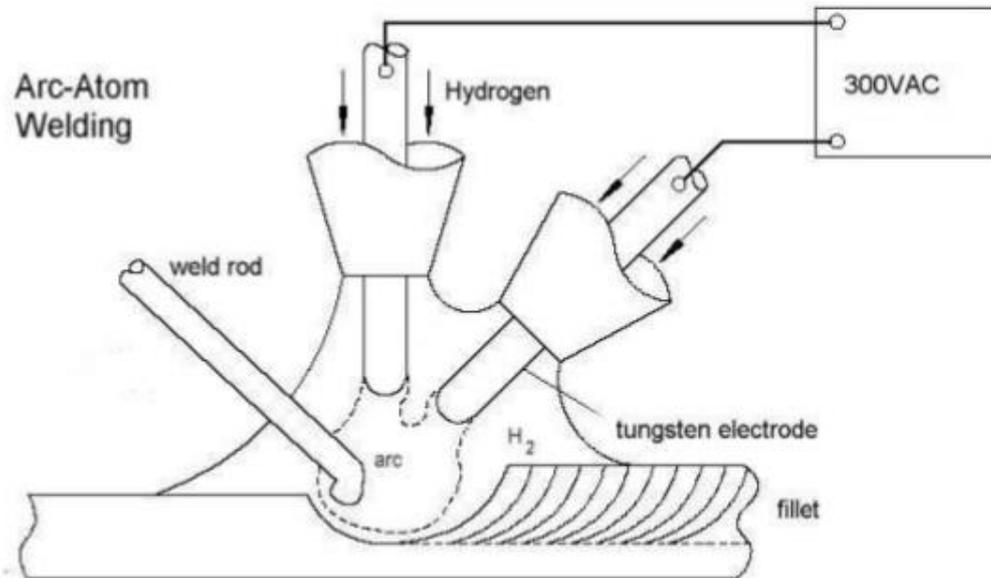


Figura 2.7 Soldadura con hidrógeno atómico (Fuente: slideshare.net)

2.3 Procesos de soldadura por arco: electrodo consumible

En los procesos de soldadura con electrodo consumible, el propio electrodo suministra el metal de aporte al proceso de soldadura. Éste electrodo puede ser una varilla desnuda, varilla revestida o varilla rellena con fundente

2.3.1 Soldadura con arco y metal protegido. SMAW

La soldadura con arco y metal protegido (SMAW) es uno de los procesos de unión más antiguos, sencillos y versátiles. Hoy en día, alrededor del 50% de toda la soldadura en la industria y el mantenimiento se realiza mediante este proceso. El arco eléctrico se genera tocando la pieza de trabajo con la punta de un electrodo recubierto y retirándola con rapidez a la distancia suficiente para mantener el arco. Los electrodos tienen la forma de una varilla delgada y larga que se sostiene a través de una pinza con la mano. A este proceso se le denomina también soldadura con varilla [1]

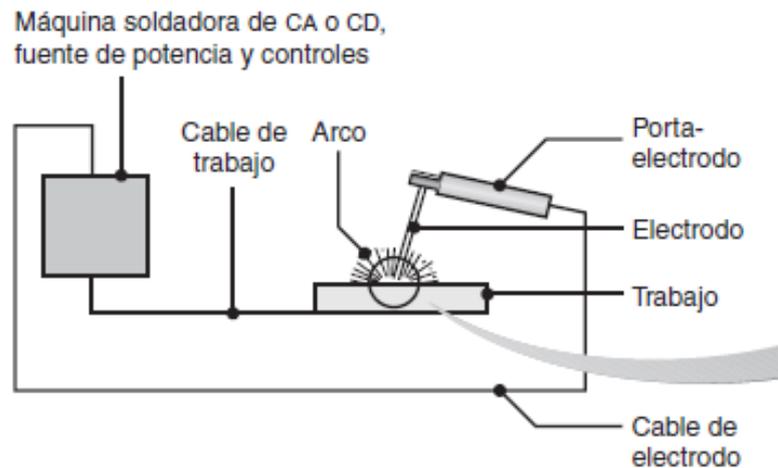


Figura 2.8 Esquema de soldadura con arco y metal protegido (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)

El calor generado funde una parte de la punta del electrodo, su recubrimiento y el metal base en la zona inmediata del arco. El metal fundido consiste en una mezcla del metal base (de la pieza de trabajo), el metal del electrodo y las sustancias del recubrimiento del electrodo; esta mezcla forma la soldadura cuando se solidifica. El recubrimiento del electrodo desoxida la zona de la soldadura y produce una pantalla de gas que la protege del oxígeno del ambiente [1].

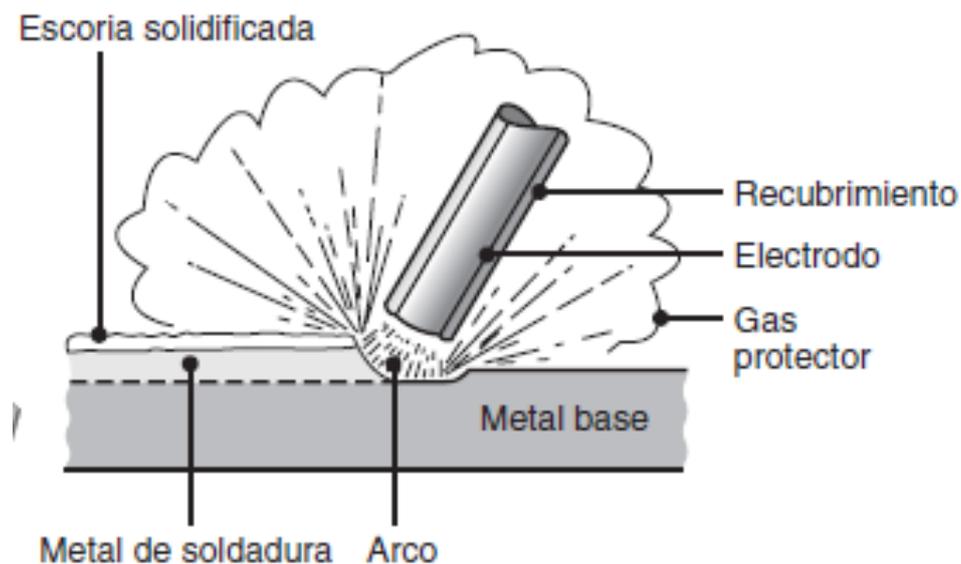


Figura 2.9 Soldadura con arco y metal protegido (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)

El proceso SMAW suele utilizarse en la construcción en general, en astilleros, oleoductos y trabajos de mantenimiento. Este proceso es adecuado para piezas de trabajo entre 3 y 19 mm de espesor, aunque este intervalo se puede ampliar con facilidad si los operadores son hábiles y emplean técnicas de pases múltiples [1].

2.3.2 Soldadura por arco sumergido. SAW

En la soldadura por arco sumergido (SAW), el arco se protege con un fundente granular formado por cal, sílice, óxido de manganeso, fluoruro de calcio y otros compuestos. Este fundente se alimenta por gravedad a la zona de soldadura, a través de una boquilla. La capa gruesa de fundente cubre totalmente el metal fundido; evita salpicaduras y chispas y suprime tanto la intensa radiación ultravioleta como los humos característicos del proceso SMAW. El fundente también actúa como aislante térmico, facilitando la penetración profunda del calor en la pieza de trabajo. El fundente no utilizado se puede recuperar (usando un tubo de recuperación), tratar y reutilizar [1].

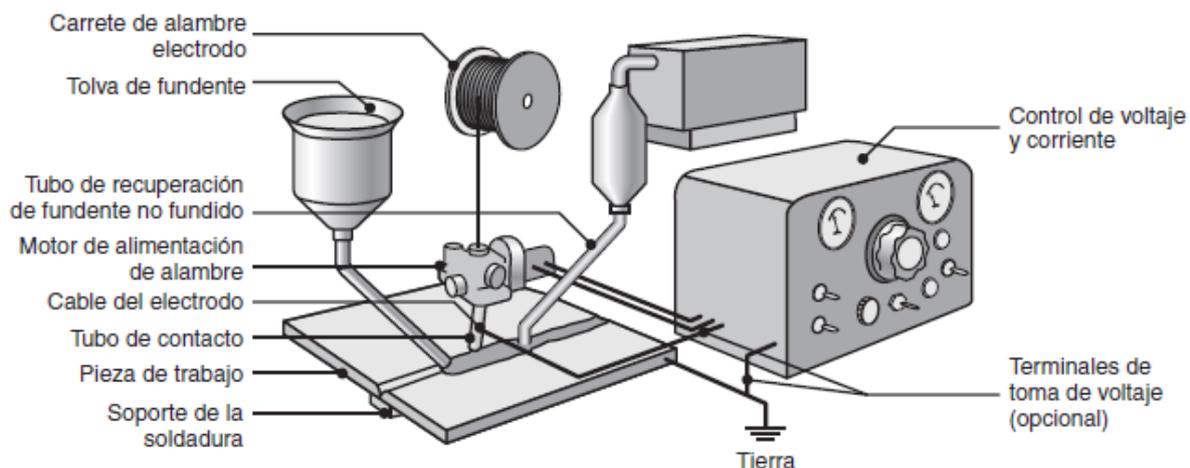


Figura 2.10 Soldadura por arco sumergido (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)

El electrodo consumible es un rollo de alambre redondo desnudo de 1.5 mm a 10 mm de diámetro; se alimenta en forma automática por un tubo (pistola de soldar). Por lo común, las corrientes eléctricas son de 300 a 2000 A. Las fuentes de potencia se conectan a líneas monofásicas o trifásicas estándar con tensiones de hasta 440 V. Debido a que el fundente se alimenta por gravedad, el proceso SAW está limitado principalmente a soldaduras en posición plana u horizontal, con una pieza de respaldo. Se pueden hacer soldaduras circulares en tubos y cilindros, siempre que éstos se hagan girar durante el proceso. Este proceso está automatizado y se emplea para soldar diversos aceros al carbono y aleados, así como aceros inoxidable, en

láminas o placas, con velocidades de hasta 5 m/min. La calidad de la soldadura es muy alta, con buena tenacidad, ductilidad y uniformidad de propiedades [1].

2.3.3 Soldadura por arco metálico y gas. GMAW

En la soldadura por arco metálico y gas (GMAW), desarrollada en la década de 1950 y antes denominadas soldadura metálica en gas inerte (MIG), se protege el área de soldadura con una eficaz atmósfera inerte de argón, helio, dióxido de carbono o varias mezclas de gases. El alambre desnudo consumible se alimenta al arco de soldadura de forma automática a través de una boquilla, mediante un motor de accionamiento de alimentación del alambre. Además de utilizar gases inertes como protección, es común que existan desoxidantes en el propio metal del electrodo para evitar la oxidación de la mezcla de metal fundido [1].

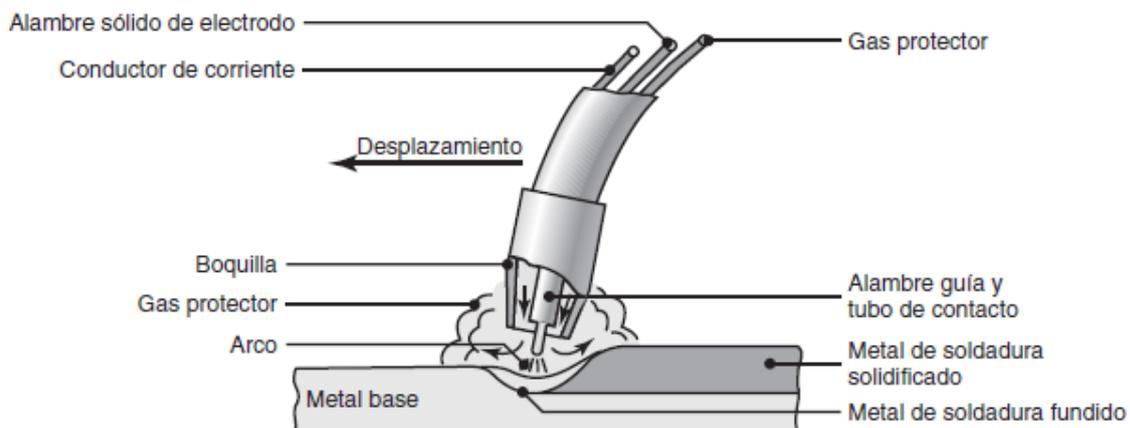


Figura 2.11 Soldadura por arco metálico y gas (Fuente: *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*)

En este proceso, el metal se puede transferir por tres métodos:

- Por aspersion: pequeñas gotas de metal fundido del electrodo pasan al área de soldadura con una frecuencia de varios cientos por segundo. La transferencia no tiene salpicaduras y es muy estable. Se utilizan altas corrientes, tensiones directas y electrodos de gran diámetro con argón, o con una mezcla rica en argón, como gas de protección. Se puede reducir la corriente promedio necesaria para este proceso mediante el uso de un arco por pulsos, que sobrepone pulsos de gran amplitud a una corriente baja y estable. El proceso puede utilizarse en todas las posiciones a soldar [1].

- Transferencia globular: se utilizan gases ricos en dióxido de carbono y los glóbulos se impulsan mediante fuerzas de transferencia del arco eléctrico del metal, lo que produce bastantes salpicaduras. Se usan altas corrientes que posibilitan una mayor penetración de la soldadura y mayor velocidad que la que alcanza con la transferencia por aspersion. Es común unir las piezas más pesadas por éste método [1].
- En cortocircuito: el metal se transfiere en forma de gotitas individuales (más de 50 por segundo) cuando la punta del electrodo toca el metal fundido de soldadura y hace cortocircuito. Se utilizan corrientes y tensiones bajas, con gases ricos en dióxido de carbono y electrodos de alambre de pequeño diámetro. La potencia requerida es de unos 2 kW [1].

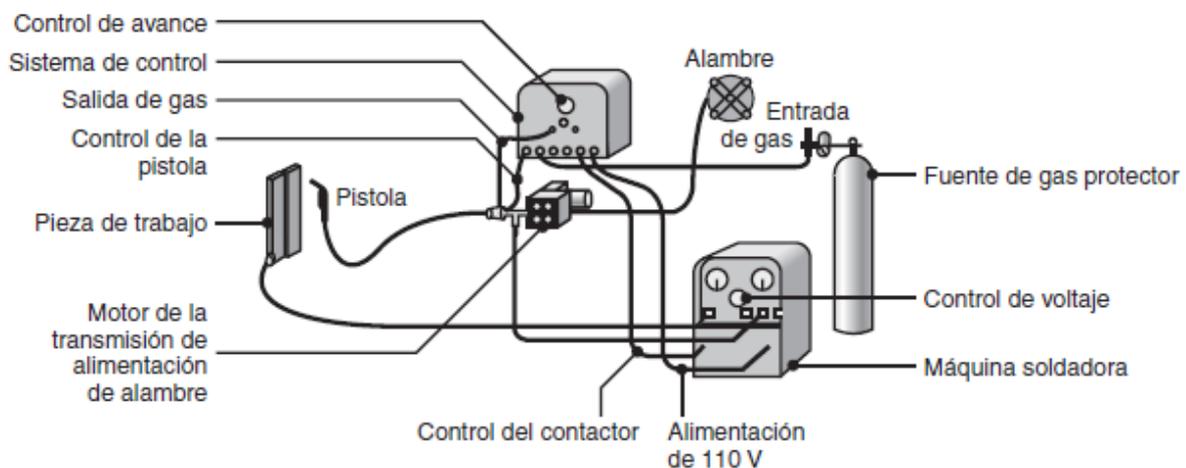


Figura 2.12 Equipo básico para soldadura GMAW (Fuente: *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*)

Las temperaturas generadas en el GMAW son relativamente bajas; en consecuencia, este método sólo es adecuado para láminas y secciones delgadas de menos de 6 mm, porque en caso contrario podría presentarse una fusión incompleta. Este proceso es fácil de usar y se utiliza mucho para secciones delgadas de metales ferrosos. Los sistemas de arco por pulso se usan para partes delgadas de metales ferrosos y no ferrosos [1].

Este proceso es adecuado para soldar diversos metales ferrosos y no ferrosos, y se utiliza con amplitud en la industria de fabricación metálica. Por su naturaleza relativamente sencilla, es fácil capacitar a los trabajadores. El proceso es versátil, rápido y económico, y la productividad de soldadura duplica la del proceso SMAW. El proceso GMAW se puede

automatizar con facilidad y se presta para incorporarse a los sistemas robóticos y de manufactura flexible [1].

2.3.4 Soldadura de arco con núcleo fundente. FCAW

El proceso de soldadura de arco con núcleo fundente (FCAW) es similar al de la soldadura por arco metálico y gas, excepto porque el electrodo tiene forma tubular y está relleno con fundente. Los electrodos con núcleo producen un arco más estable y mejores propiedades mecánicas del metal de soldadura, además de mejorar el contorno de la soldadura. En estos electrodos el fundente es mucho más flexible que el frágil recubrimiento que se usa en los electrodos SMAW, por lo que dichos electrodos se pueden suministrar en tramos largos y enrollados [1].

Los electrodos tienen en general diámetros pequeños, de 0,5 mm a 4 mm, y la potencia requerida es de unos 20 kW. También existen electrodos con núcleo y protección propia, que no necesitan protección externa con gas porque contienen fundentes que desprenden gases y protegen la zona de soldadura contra la atmósfera. Los electrodos de diámetro pequeño han hecho que la soldadura de materiales más delgados con este proceso sea no sólo posible, sino con frecuencia preferible. Estos electrodos también permiten soldar con relativa facilidad partes en distintas posiciones [1].

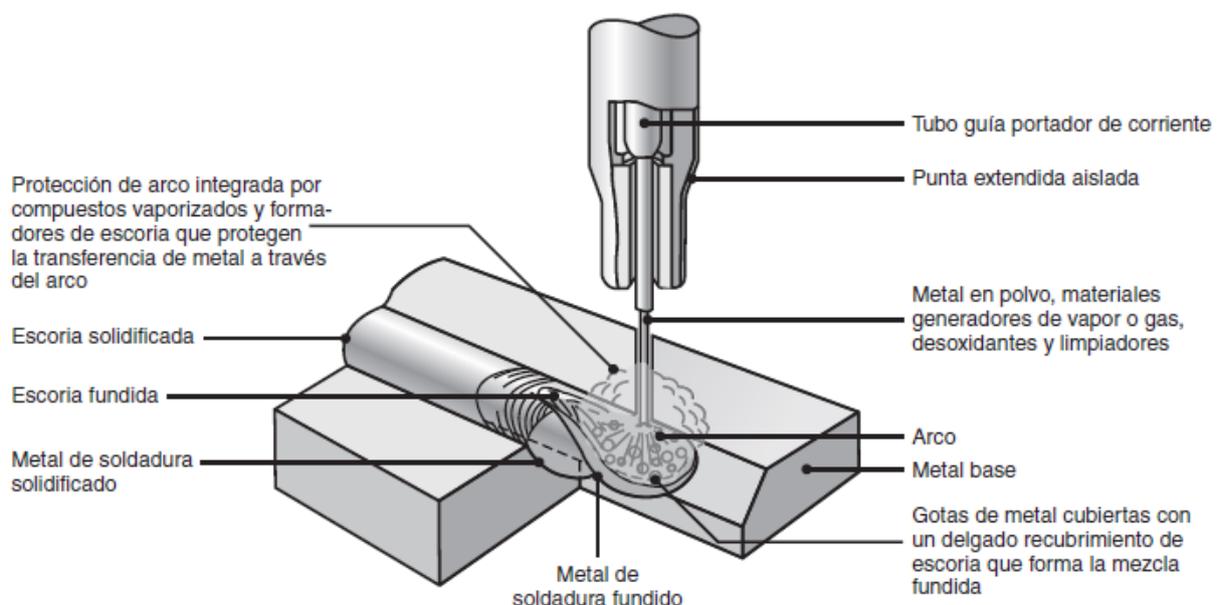


Figura 2.13 Soldadura por arco con núcleo de fundente (Fuente: *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*)

Una de las ventajas principales del proceso FCAW es la facilidad con que pueden desarrollarse formulaciones específicas del metal de aporte. Si se agregan elementos de aleación al núcleo de fundente, se puede producir virtualmente cualquier composición de aleación. Este proceso es fácil de automatizar y se adapta a sistemas de manufactura flexible y de robots [1].

2.3.5 Soldadura eléctrica por gas. EGW

La soldadura eléctrica por gas (EGW) se utiliza fundamentalmente para soldar los extremos de secciones en sentido vertical y en un paso, con las piezas colocadas extremo con extremo (unión a tope). Se clasifica como un proceso de soldadura con máquina, porque requiere equipo especial. El metal de soldadura se deposita en una cavidad de la soldadura, entre las dos piezas a unir. El espacio se encierra entre dos labios de cobre enfriados por agua para evitar que escurra la escoria fundida [1].

Uno o varios electrodos se alimentan por un conducto y se mantiene un arco continuo mediante electrodos con núcleo fundente hasta a 750 A, o electrodos sólidos a 400 A. la potencia requerida es de unos 20 kW. La protección se efectúa por medio de un gas inerte, como dióxido de carbono, argón o helio, dependiendo del material que se suelde. El gas puede suministrarse mediante una fuente externa, producirse a partir de un electrodo con núcleo de fundente, o con ambos métodos [1].

El equipo de soldadura por gas es fiable, y la capacitación de los operarios es relativamente sencilla. Los espesores de soldadura van de 12 mm a 75 mm en aceros, titanio y aleaciones de aluminio. Suelen aplicarse en la construcción de puentes, recipientes a presión, tubos de pared gruesa y gran diámetro, tanques de almacenamiento y barcos [1].

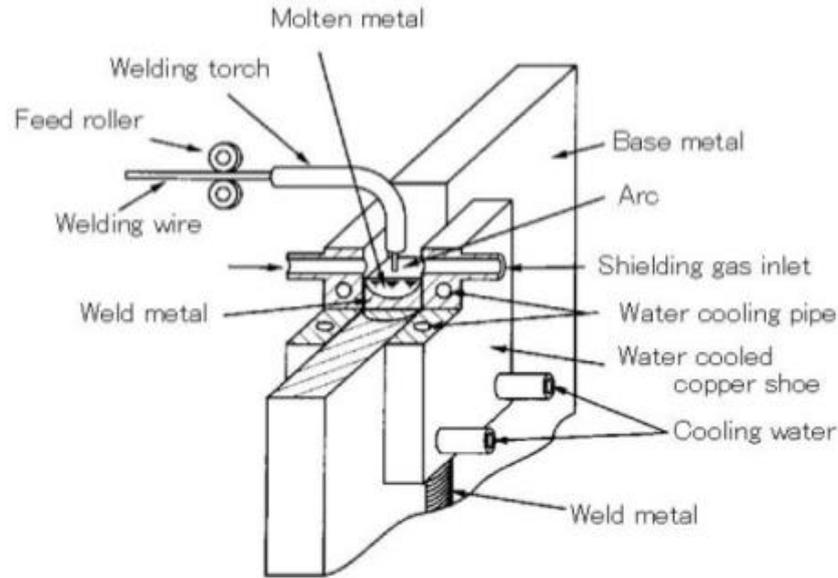


Figura 2.14 Esquema soldadura eléctrica por gas (Fuente: slideshare.net)

2.3.6 Soldadura con electroescoria. ESW

La soldadura con electroescoria (ESW) y sus aplicaciones son similares a la soldadura eléctrica por gas EGW. La principal diferencia es que el arco se inicia entre la punta del electrodo y el fondo de la pieza a soldar. Se agrega fundente, el cual se funde por el calor del arco. Después de que la escoria fundida llegue a la punta del electrodo, el arco se extingue. El calor se produce en forma continua por la resistencia eléctrica de la escoria fundida. Como el arco se extingue, la ESW no es estrictamente un proceso de soldadura por arco. Se pueden utilizar uno o varios electrodos, y también electrodos con núcleo de fundente [1].

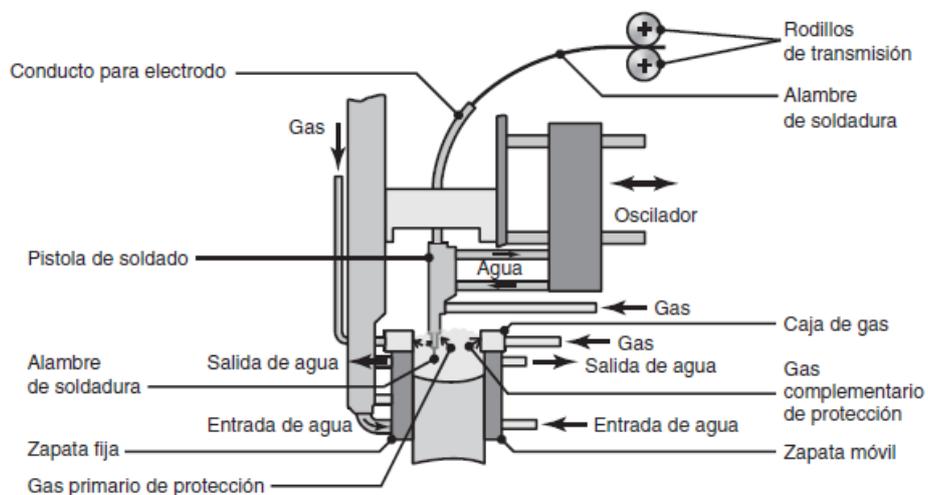


Figura 2.15 Soldadura con electroescoria (Fuente: Manufactura, Ingeniería y Tecnología)

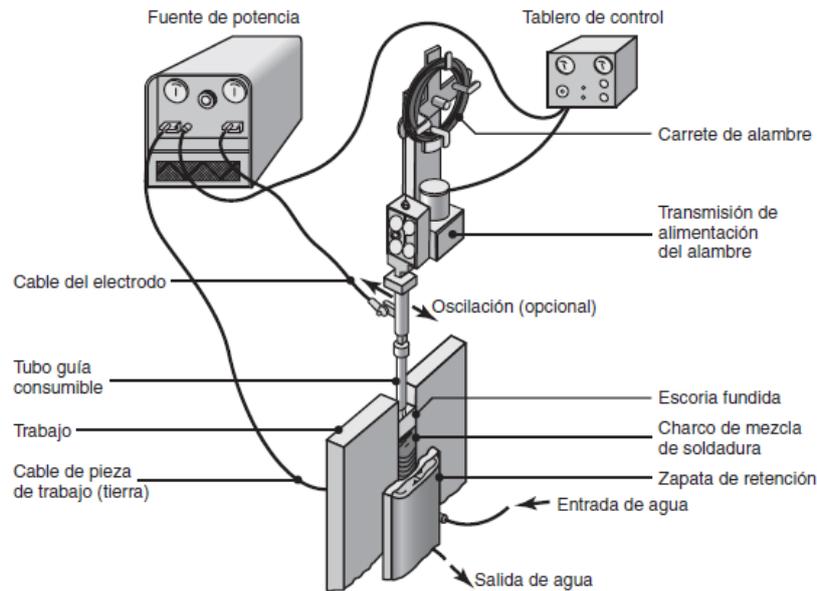


Figura 2.16 Esquema de la soldadura con electroescoria (Fuente: *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*)

Es capaz de soldar placas con espesores entre 50 mm y más de 900 mm, y la soldadura se hace en un paso. La corriente requerida es de unos 600 A a 40 ó 50 V, aunque con placas gruesas se utilizan corrientes más elevadas. La calidad de la soldadura es buena. Este proceso se usa para grandes secciones de acero estructural, como maquinaria pesada, puentes, pozos petroleros, embarcaciones y recipientes para reactores nucleares [1].

2.4 Soldadura por haz de electrones. EBW

En la soldadura por haz de electrones (EBW), desarrollada en la década de 1960, se genera calor mediante un fino haz de electrones de alta velocidad. La energía cinética de los electrones se convierte en calor al chocar contra la pieza de trabajo. Este proceso requiere un equipo especial a fin de enfocar el haz de electrones sobre la pieza, normalmente en vacío; cuanto mayor sea el vacío, mayor será la penetración del haz y la relación entre profundidad y anchura será mayor. Por eso los métodos se denominan EBW-HV (para alto vacío), EBW-NV (sin vacío) y EBW-MV (para medio vacío) [1].

Casi todos los metales se pueden soldar mediante EBW, y el espesor de la pieza de trabajo puede variar desde hoja delgada hasta placa. La intensa energía también puede producir agujeros en la pieza. En general no se requiere gas, fundente protector ni metal de aporte.

Este proceso tiene la capacidad de efectuar soldaduras de alta calidad con lados casi paralelos, que sean profundas y estrechas y posean pequeñas zonas afectadas por el calor. Las relaciones de profundidad a anchura van de 10 a 30. Los tamaños de las soldaduras realizadas mediante EBW son mucho menores que los efectuados por medio de procesos convencionales. Si se utiliza automatización y servomotores, se pueden controlar con exactitud los parámetros a velocidades de soldadura de hasta 12 m/min [1].

Mediante este proceso se puede soldar casi cualquier metal, a tope o en traslape, con espesores de hasta 150 mm (6 pulgadas). La distorsión y la contracción en el área de la soldadura son mínimas. La calidad de la soldadura es buena y de muy alta pureza. Suele aplicarse en las soldaduras tanto de componentes de aviones, misiles, nucleares y electrónicos, como de engranes y flechas para la industria automotriz. El equipo de soldadura por haz de electrones genera rayos X, de ahí que sea fundamental una vigilancia adecuada y el mantenimiento periódico [1].

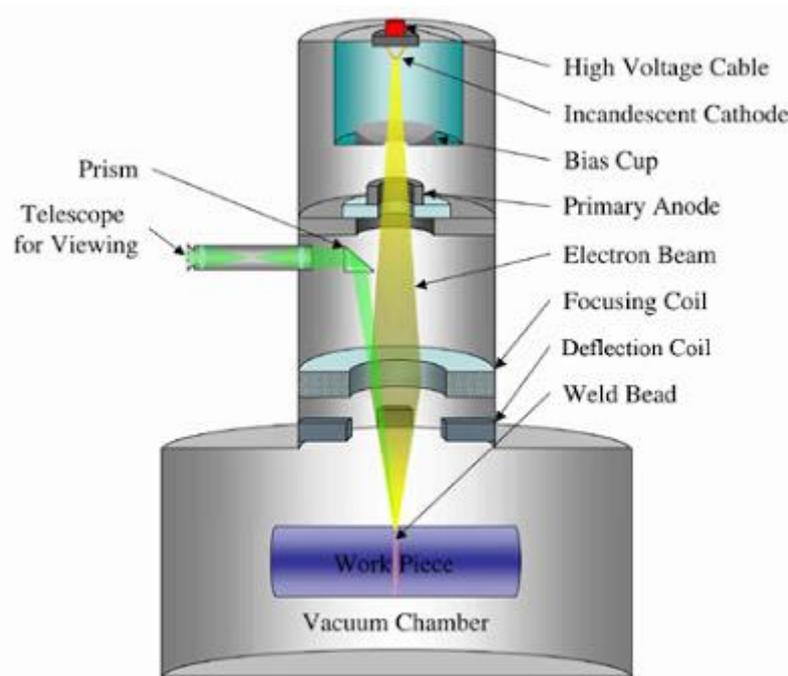


Figura 2.17 Esquema soldadura EBW (Fuente: mech4study.com)

2.5 Soldadura por rayo láser. LBW

La soldadura por rayo láser (LBW) utiliza un rayo láser de gran potencia como fuente de calor para producir una soldadura por fusión. Debido a que el rayo se puede concentrar en un área muy pequeña, tiene gran densidad de energía y una capacidad de penetración profunda.

Se puede dirigir, conformar y enfocar con precisión sobre la pieza de trabajo. En consecuencia, este proceso es particularmente adecuado para soldar uniones profundas y estrechas, con relaciones normal de profundidad a anchura entre 4 a 10 [1].

La soldadura de componentes de transmisiones es la aplicación más difundida en la industria automotriz, en tanto que la soldadura de piezas delgadas se utiliza para componentes electrónicos, entre otras muchas aplicaciones. El rayo láser se puede generar en pulsos (en milisegundos) para aplicaciones (como en la soldadura por puntos de materiales delgados) con potencias de hasta 100 kW. Los sistemas de láser continuo de varios kW se usan para soldaduras profundas en secciones gruesas [1].

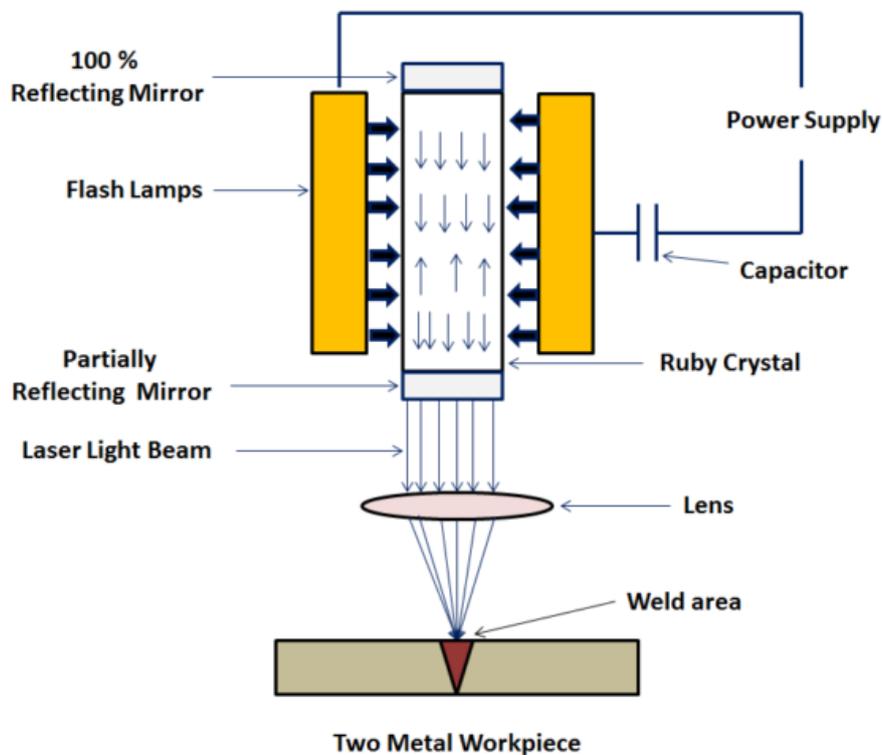


Figura 2.18 Esquema de soldadura LBW (Fuente: theweldingmaster.com)

Los procesos de soldadura por rayo láser producen soldaduras de buena calidad, con contracción y distorsión mínimas y buena resistencia, en general, son dúctiles y libres de porosidades. El proceso se puede automatizar para utilizarlo con diversos materiales de hasta 25 mm de espesor, es muy eficaz en piezas de trabajo delgadas. Las piezas de lámina metálica soldadas a la medida se unen principalmente por medio de soldadura por rayo láser utilizando la robótica para obtener un control preciso de la trayectoria del rayo durante el soldado [1].

Los metales y las aleaciones que normalmente se sueldan son el aluminio, titanio, metales ferrosos, cobres, superaleaciones y los metales refractarios. Debido a la naturaleza del proceso, la soldadura puede efectuarse en lugares que de otra manera sería inaccesibles. Al igual que con otros métodos de soldadura automatizados, la habilidad que se requiere del trabajador es mínima. En la soldadura por rayo láser tiene especial importancia en seguridad, debido a los riesgos extremos a que se exponen los ojos y la piel. Los rayos láser de estado sólido (YAG) también son peligrosos [1].

3. Soldadura manual o con presencia permanente del operario

En el proceso de evaluación de los riesgos, una vez identificados, se procederá a adoptar medidas preventivas. En primer lugar se deberá eliminar el riesgo, en caso de que no se pueda eliminar se tomarán medidas para reducirlo y/o controlarlo. Esto da lugar a la toma de medidas organizativas, uso de protección individual, protecciones colectivas y de formar e informar a los trabajadores.

En el tema de soldadura viendo el estado del arte (punto 2) vemos que aparecen diferentes tipos de soldaduras, de los cuales, alguna ha quedado en desuso dado el precio, la peligrosidad, la calidad, etc. y otras se utilizan única y exclusivamente en procesos automatizados (mediante un robot) eliminando así el riesgo ya que se elimina la presencia del trabajador.



Figura 3.1 Robot de soldadura (Fuente: rivasrobotics.com)

Los procesos de soldadura, aunque algunos de ellos ya automatizados, se usan de forma manual y/o con la intervención directa del trabajador son los siguientes: OAW (soldadura oxiacetilénica), GTAW (soldadura con gas inerte y electrodo de tungsteno), SMAW (soldadura con arco y metal protegido), GMAW (soldadura con arco metálico y gas) y FCAW (soldadura con arco con núcleo fundente). Estudiaremos a continuación los riesgos propios de cada proceso, uniendo SMAW y FCAW que aunque en cuestiones de calidad de soldadura son diferentes, en cuanto a riesgos son iguales. El proceso PAW también es manual, aunque se considera una evolución de GTAW y sus riesgos y medidas preventivas son iguales.

3.1 Soldadura oxiacetilénica

3.1.1 Introducción

La soldadura OAW (en inglés, oxy-acetylene welding) o soldadura oxiacetilénica, utiliza el calor producido por una llama para realizar la fusión. Se emplean dos gases, un gas combustible, el acetileno y un comburente, el oxígeno puro. Aunque en ocasiones se utiliza como comburente el aire ambiente. En este proceso se aplica calor con la llama en las partes a soldar hasta llegar al punto de fusión. En este tipo de soldaduras no es necesario un aporte de material, proceso que se denomina soldadura autógena. Cuando se aporta material puede ser de la misma naturaleza que las piezas a unir o de diferente material. La soldadura acetilénica es típica en el sector de la fontanería, entre otros sectores. Se puede aplicar en acero, cobre, aluminio, latón, etc. No se recomienda su uso con cobre, plata o mercurio pues el acetileno en contacto con estos metales produce acetiluro, lo que aumenta el riesgo de explosión. La llama puede alcanzar temperaturas en torno a 3500 °C.



Figura 3.2 Soldadura OAW (Fuente: hilenia2011.com)

3.1.2 Equipos de trabajo, herramientas y materiales

3.1.2.1 Equipos de trabajo

Botella de acetileno:

Recipiente en forma de bombona normalmente de color rojo y/o con una franja marrón en su parte superior. En su interior se aloja una mezcla de acetileno y acetona para reducir el peligro que conlleva comprimir acetileno puro, pues es muy inestable. Deben ser identificadas fácilmente, etiquetada con su composición e indicadores de peligro y normas de seguridad. En su parte superior alberga un manorreductor y una válvula anti retorno. Se suele trabajar con el acetileno a una presión de 0,5 bares.



Figura 3.3 Botella de Acetileno (Fuente: stag.es)

Botella de oxígeno:

Recipiente en forma de bombona que en su interior contiene oxígeno en estado puro a una presión de 150 kilogramos por centímetro cuadrado. La botella de oxígeno suele ser de mayor tamaño que la de acetileno, es generalmente negra con una franja blanca en su parte superior. Al igual que la botella de acetileno, en su parte superior alberga un manorreductor y una válvula anti retorno. La presión de trabajo del oxígeno ronda los 3 kilogramos por centímetro cuadrado.



Figura 3.4 Botella de Oxígeno (Fuente: sumigas.net)

Manorreductor y válvulas anti retorno:

El manorreductor o regulador es un aparato que se utiliza para disminuir la presión de la botella hasta la presión de trabajo. Contiene dos manómetros, uno de ellos indica la presión de alta (la presión de la botella) y el otro la presión de baja (a la salida de la botella, la presión de trabajo).

La válvula anti retorno o válvula de seguridad evita el retroceso del gas entre el manorreductor y la manguera.



Figura 3.5 Manorreductor y válvula anti retorno (Fuente: sumigas.net)

Mangueras:

Tubos rígidos o flexibles de goma cuyo objeto es conducir los gases desde los aparatos manorreductores hasta el soplete. Por norma general la de color rojo es para el acetileno y la de color azul para el oxígeno.



Figura 3.6 Mangueras (Fuente: spanish.flexiblerubberhoses.com)

Soplete:

Aparato metálica en cuyo interior se realiza la mezcla de gases (oxígeno y acetileno). En su parte inicial al lado de la empuñadura contiene dos llaves, una generalmente de color azul para regular el caudal de oxígeno y otra roja para regular el acetileno.



Figura 3.7 Soplete (Fuente: aiq.es)

Amoladora:

Popularmente conocida como radial, es una herramienta eléctrica y manual y está conformada por un motor eléctrico de alta potencia, que se encuentra conectado mediante

engranajes reductores (si se trata de amoladoras angulares) o directamente al eje del motor (en el caso de las amoladoras rectas). Es en la punta del eje donde se acopla el disco. Los discos para amoladora que se utilizan determinan la actividad a desarrollar [4]. Los discos que se utilizan normalmente son de tres tipos: disco de corte por abrasión, disco mil hojas y disco de esmerilar.



Figura 3.8 Amoladora (Fuente: insemactools.es)

3.1.2.2 Herramientas

Presillas:

También conocida como sargento, es una herramienta que se compone de dos mordazas, reguladas a través de un tornillo que al girarlo ejerce una presión entre sus extremos. Se utiliza para sujetar piezas. Los hay de diferentes tamaños.



Figura 3.9 Presilla (Fuente: ecured.cu)

Mordaza de banco:

Herramienta para sujetar y apretar diferentes piezas, es similar a las presillas pero ésta va fijada a una mesa de trabajo. Las mordazas se ajustan mediante el giro de un tornillo.

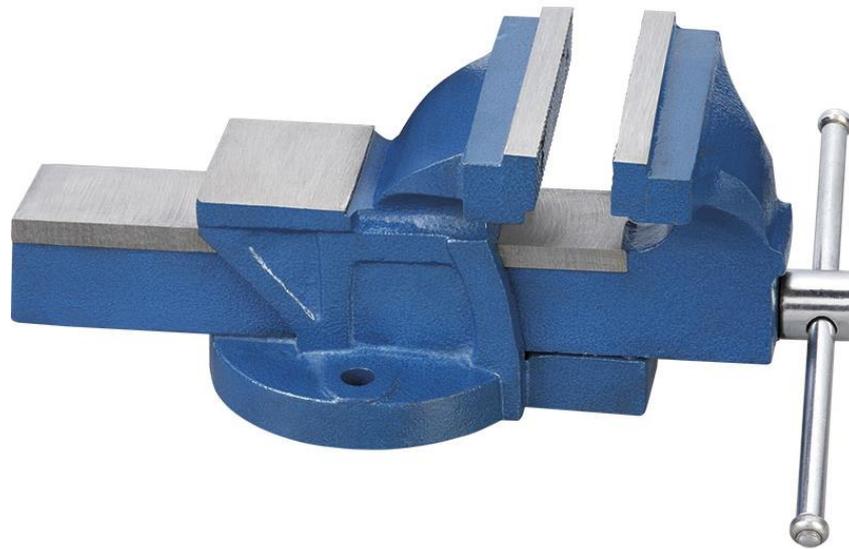


Figura 3.10 Mordaza de banco (Fuente: fervi.com)

3.1.2.3 Materiales**Metal de aporte:**

En OAW el metal de aporte viene en forma de varilla metálica. Su diámetro varía entre 2,4 mm y 6,4 mm. Deben de tener una buena temperatura de fusión, inferior a la de la pieza a unir. Para realizar uniones con la soldadura oxiacetilénica es necesario aplicar fundentes.



Figura 3.11 Varillas de aporte (Fuente: soldadoras.com)

Fundente:

Sustancia química en forma de polvo o líquido que se utiliza para la limpieza de las superficies a soldar. El objetivo de esta limpieza es disolver los óxidos que se forman en la superficie durante el calentamiento.



Figura 3.12 Fundente para soldaduras de plata (Fuente: soldaduraszelecta.com)

3.1.3 Descripción del proceso

A la hora de realizar una soldadura mediante el proceso OAW debemos seguir unas pautas tanto para la seguridad de los trabajadores como para la calidad de la soldadura.

En primer lugar debemos comprobar el estado del equipo de soldadura. Esto es lo que tenemos que revisar:

- Los EPI's necesarios y su correcto estado (ver 3.1.5)
- Que la presión de alta de acetileno y oxígeno de las bombonas sea correcto.
- El estado de las válvulas de las bombonas.
- Que las mangueras de gas no tengan fugas (el acetileno huele parecido al ajo [3]) comprobar con agua y jabón.
- Las conexiones estén bien apretadas.
- No haya restos de aceites o grasas en el equipo.
- El estado visual del soplete, que las boquillas no estén obstruidas.

- Los manorreductores funcionen correctamente.
- Las botellas estén fijas evitando su posible vuelco.
- El estado de la amoladora, que el disco esté bien apretado, el funcionamiento y sus sistemas de seguridad.
- Que la zona de trabajo sea segura (no haya sustancias inflamables próximas, esté limpia y sin residuos).
- La correcta preparación y sujeción de las piezas a soldar.

Una vez realizado estos pasos, el operario se pondrá los guantes con protección a los cortes y las gafas o pantalla contra la proyección de partículas. Se dispondrá a preparar las piezas para soldar, esto es preparar la zona de unión y retirar restos de pintura si hubiese con la amoladora. Una vez preparada sujetará las piezas de forma firme con unas presillas o cualquier otro elemento de sujeción (una mordaza de banco por ejemplo). Una vez tengamos las piezas sujetas aplicamos el fundente en la zona de unión. Pues esta zona necesita ser previamente calentada antes de aplicar el cordón de soldadura.

El siguiente paso será utilizar los EPI's correspondientes (ver 3.1.5) esto es guantes, mandil, careta, polainas, mangas, casaca de cuero, zapatos de seguridad con puntera de acero y mascarilla respiratoria.



Figura 3.13 Gafas de protección OAW (Fuente: pronorsl.es)

A continuación procedemos a encender y regular la llama, quizá éste sea el paso más crítico. Es importante que la llama esté lo más alejada posible de las botellas. Primero comenzamos con la botella de oxígeno. Abrir la válvula de la botella en torno a media vuelta. Girar el manorreductor hasta que el manómetro nos indique la presión de trabajo, sin

movimientos bruscos. Abrimos la válvula de ajuste del soplete, la válvula de oxígeno tiene que estar siempre abierta y la del combustible siempre cerrada. Repetimos la operación en este caso con la botella de acetileno. Colocamos el soplete en una dirección dónde no exista peligro y mediante un encendedor de fricción (no se recomienda un mechero convencional ni cerillas) encendemos la llama. Una vez encendida regulamos ambos caudales en función de qué tipo de llama requiera la tarea. Una vez calibrada la llama procedemos a realizar la soldadura.



Figura 3.14 Regulación de la llama (Fuente: YouTube)

Finalmente cuando terminemos de realizar el cordón o cordones cerramos las llaves del soplete, primero la del oxígeno y luego la del acetileno. A continuación cerramos las botellas, primero la del oxígeno. Luego procederemos a la purga de las mangueras, esto es abriendo nuevamente las llaves del soplete, se liberara el gas de la manguera. Es importante separar una vez hayan finalizado los trabajos ambas botellas a una distancia mínima de 6 metros. Normalmente este tipo de soldadura si el operario es hábil no requiere operaciones de desbaste, en caso de que sean necesarias utilizar los EPI's correspondientes (ver 3.1.5) contra la proyección de partículas y tener especial cuidado con las chispas y las botellas.

El INSHT en su NTP 495 nos ofrece unas pautas de seguridad para la soldadura oxiacetilénica [4]:

- Las botellas de oxígeno y de acetileno deben almacenarse por separado dejando una distancia mínima de 6 metros siempre que no haya un muro de separación. Idéntica

- medida se tomara respecto a productos inflamables como pinturas o combustibles líquidos. Las botellas llenas y vacías también se almacenaran en grupos separados.
- No utilizar elementos de elevación tipo magnético o cadenas, cuerdas o eslingas que no estén equipadas con elementos que permitan una adecuada fijación para la manipulación de botellas.
 - Proteger las botellas contra las temperaturas extremas, el hielo, la nieve y los rayos solares (puede aumentar peligrosamente la presión en el interior de las mismas ya que no están diseñadas para soportar temperaturas superiores a los 54 °C).
 - Las botellas de acetileno llenas se deben mantener en posición vertical, al menos 12 horas antes de ser utilizadas. En caso de tener que tumbarlas, se debe mantener el grifo con el orificio de salida hacia arriba a más de 50 cm del suelo.
 - Antes de empezar una botella comprobar que el manómetro marca “cero” con el grifo cerrado.
 - Los grifos deben abrirse lentamente para evitar danos al reductor de presión. Si el grifo de una botella se atasca, no se debe forzar, debe devolverse la botella al suministrador. No se desmontaran bajo ningún concepto.
 - Mantener los grifos y los manorreductores de las botellas de oxígeno siempre limpios de grasas, aceites o combustible de cualquier tipo. Estas sustancias pueden inflamarse espontáneamente por acción del oxígeno.
 - Antes de colocar el manorreductor, debe purgarse el grifo de la botella de oxígeno, abriendo un cuarto de vuelta y cerrando rápidamente.
 - Colocar los manorreductores con el grifo de expansión totalmente abierto. Después de colocarlos debe comprobarse que no existen fugas utilizando agua jabonosa (nunca con llama). Si se detectan, debe procederse a su reparación de forma inmediata. No se sustituirán juntas de fibra por otras de goma o cuero.
 - Los grifos de las botellas de oxígeno y acetileno deben situarse de forma que sus bocas de salida apunten en direcciones opuestas.
 - Las botellas deben estar a una distancia entre 5 y 10 m de la zona de trabajo.
 - Las botellas en servicio deben estar libres de objetos que las cubran total o parcialmente.
 - Evitar que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre las botellas.
 - Las botellas no deben consumirse completamente pues podría entrar aire. Se debe conservar siempre una ligera sobrepresión en su interior.

- Cerrar los grifos de las botellas al finalizar el trabajo. Después de cerrar el grifo de la botella se debe descargar siempre el manorreductor, las mangueras y el soplete.
- La llave de cierre debe estar sujeta a cada botella en servicio, para permitir su cierre en caso de incendio.
- Es imprescindible al menos un juego y muy recomendable instalar dos válvulas anti retorno de llama, uno junto a las botellas y otro a unos dos metros del soplete (de esta forma quedaran apoyados en el suelo y no incrementaran el peso de la antorcha).
- Las mangueras deben estar siempre en perfectas condiciones de uso, dentro de su fecha de caducidad y sólidamente fijadas a las tuercas de empalme.
- Las de oxígeno son rojas y las de acetileno negras o azules, teniendo estas últimas un diámetro mayor que las primeras.
- Se debe evitar que entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados, ángulos vivos, que caigan sobre ellas chispas.
- Deben disponerse procurando que no formen bucles ni atraviesen vías de circulación de vehículos o personas sin estar protegidas con apoyos de paso de suficiente resistencia a la compresión.
- Antes de iniciar el proceso de soldadura se debe comprobar que no existen pérdidas en las conexiones de las mangueras utilizando, por ejemplo, agua jabonosa (nunca utilizar una llama para efectuar la comprobación).
- No trabajar con las mangueras situadas sobre los hombros o entre las piernas.
- Las mangueras no deben dejarse enrolladas sobre las ojivas de las botellas.
- Después de un retorno accidental de llama, se deben desmontar las mangueras y comprobar que no han sufrido daños. En caso afirmativo se deben sustituir por unas nuevas desechando las deterioradas.
- En cuanto al soplete: evitar golpes y utilizarlo a modo de martillo. Respetar la siguiente secuencia en la operación de encendido: Abrir lentamente y ligeramente la válvula correspondiente al oxígeno. Abrir la válvula correspondiente al acetileno alrededor de 3/4 de vuelta. Encender la mezcla con un encendedor o llama piloto. Aumentar la entrada del combustible hasta que la llama no despidan humo. Acabar de abrir el oxígeno según necesidades. Verificar el manorreductor.

Protocolo de actuación en caso de retorno de llama:

- Cerrar la llave de paso del oxígeno para interrumpir la alimentación a la llama interna.
- Cerrar la llave de paso del acetileno y después las llaves de alimentación de ambas botellas (en ningún caso se deben doblar las mangueras para interrumpir el paso del gas)
- Comprobar que la botella de acetileno no se calienta sola (es indicador de combustión interna); si se da esta circunstancia, que implica riesgo de explosión, debe evacuarse la zona, cerrar el grifo y enfriarla con abundante agua, si es preciso durante horas. Avisar a los bomberos.
- Averiguar las causas y proceder a solucionarlas.

Actuaciones relativas a las botellas en caso de incendio:

- Si se incendia el grifo de una botella de acetileno, se tratará de cerrarlo y si no es posible, se apagará con un extintor de nieve carbónica o de polvo ABC.
- Si se produce un incendio en un área donde haya botellas de gas se debe proceder a la evacuación de la zona y si es posible desalojar las botellas del lugar del incendio. Si se hubieran sobrecalentado se debe proceder a enfriarlas con abundante agua.

Explosión	X					X	MODERADO
Quemaduras		X		X			TOLERABLE
Deficiencia en materia de evacuación							No aplica
Accidentes causados por seres vivos							No aplica
Robo							No aplica
Accidente in itinere							No aplica
Agravamiento de riesgos							No aplica
Otros							No aplica

Tabla 3.1 Evaluación de riesgos OAW

3.1.5 Medidas preventivas

Deficiencias en el centro o equipos de trabajo

Revisar los equipos de trabajo antes de realizar las soldaduras.

Comprobar el estado del centro de trabajo. Orden y limpieza.

Caída de personas a distinto nivel

Utilización de equipos de trabajo adecuados (plataformas, andamios, etc.)

Uso de equipos de protección colectivas (barandillas, redes, etc.)

Empleo de arnés/cinturón anti caídas, así como cable de vida.

Caída de personas al mismo nivel

Orden y limpieza. Limpiar polvo y residuos en las zonas de trabajo/tránsito.

Mantener libres las zonas de paso/trabajo.

Eliminar restos de aceites mediante sepiolita.

Utilizar calzado con suela antideslizante.

Caída de objetos por manipulación

Utilizar calzado de seguridad con puntera de acero.

Soldar sobre bases sólidas y estables.

Las botellas de gas han de estar en posición vertical y sujetas mediante zinchas o cadenas.

La correcta fijación de las piezas a soldar.

Pisadas sobre objetos

Orden y limpieza.

Disponer de contenedores, gavetas para materiales residuos y restos.

Calzado de seguridad con plantilla anti perforación.

Choque contra objetos inmóviles

Orden y limpieza.

Adecuado almacenamiento de materiales (barras, perfiles, cuadradillos) y señalización.

Golpes/cortes por objetos o herramientas

Utilizar equipos de trabajo con marcado CE.

No puentear las seguridades de los equipos de trabajo.

Comprobar que los carenados/resguardos de protección están disponibles y en buen estado.

Utilizar guantes con resistencia mecánica al corte.

No utilizar máquinas sin protecciones.

Proyección de fragmentos o partículas

No utilizar aire comprimido para quitar el polvo de la ropa o de las piezas.

Utilizar gafas o pantalla de protección facial contra la proyección de partículas.

Colocar pantallas en caso de que exista el riesgo de que las partículas lleguen a terceros o en su defecto alejar al personal.

No utilizar máquinas sin protecciones.

Atrapamiento por o entre objetos

Prohibido el uso de prendas y objetos que puedan quedar atrapados en partes móviles. Prohibido el uso de pulseras, anillos, colgantes, pelo suelto, ropa holgada (los puños deben de ser cerrados).

No utilizar máquinas sin protecciones.

Contactos eléctricos

Usar herramientas y equipos con el marcado de conformidad CE. Con aislamiento suficiente para trabajar.

Seguir las instrucciones de los fabricantes.

Comprobar las conexiones eléctricas y hacerle el mantenimiento periódico.

Manipular los aparatos con las manos o guantes secos.

En caso de que un equipo esté en mal estado no utilizarlo. Informar al superior inmediato y precintar.

Comprobar el estado de los diferenciales de la instalación. Pulsar el botón test periódicamente.

En caso de que el equipo tenga toma de tierra, conectar siempre en enchufes con toma de tierra. No hacer conexiones inseguras.

Utilizar calzado de seguridad con suela aislante.

Incendios

Disponer de medios de extinción en las zonas donde se realicen las soldaduras (extintores de dióxido de carbono o polvo polivalente ABC).

Alejar los materiales inflamables de la zona de soldadura (botella de acetileno, botella de oxígeno, pinturas, aceites, grasas, aerosoles, etc.).

Controlar que la propagación de chispas y partículas incandescentes alcancen materiales inflamables (colocar pantallas si es preciso).

Almacenar adecuadamente los materiales inflamables y gases.

Formar e informar a los trabajadores sobre actuaciones en caso de incendio.

Mantener las válvulas y los manorreductores de la botella de oxígeno limpias y sin restos de grasa (1 kg de grasa próximo a oxígeno puro equivale a 1kg de dinamita) [3].

Riesgo químico

Usar extracción local (brazos orientables, aspiración acoplada al útil, mesa con aspiración descendente)

Evitar las campanas de bóvedas o de techo pues hace que el soldador inhale una mayor cantidad de humos y gases [4].

Ventilación adecuada (evitando que los humos pasen por las vías respiratorias del soldador.

Utilizar mascarillas filtrantes de gases. Al menos con protección mínima FFP2 (ver anexo 4)

Establecer procedimientos de trabajos en caso de realizarlos en espacios confinados.

Ver la ficha de seguridad de los materiales utilizados (fundentes)

Evitar el soldeo de piezas desengrasadas con productos clorados sin antes haber limpiado en profundidad (de lo contrario puede formarse fosgeno) [4].

Ruido

Limitar el tiempo de exposición

Uso de protección auditiva adecuada y con marcado CE.

Señalizar las zonas en las que se obligatorio el uso de protección auditiva.

Minimizar la emisión de ruido hacia los demás trabajadores, con pantallas o realizando las soldaduras en una zona delimitada físicamente.

Vibraciones

Consultar la vibración de la amoladora en el manual de instrucciones y limitar su uso en función del tiempo (Vibraciones del tipo mano-brazo generadas por la amoladora en el proceso de preparación y acabado de superficies).

Deficiencias de iluminación

Mantener un nivel mínimo de iluminación de 300 lux en los puestos de soldadura [4].

Discomfort térmico

Beber abundante agua y realizar rotaciones (dada la naturaleza del proceso y de los EPI's es un aspecto a tener muy en cuenta.

Ventilar la zona con frecuencia.

Exposición a agentes físicos: radiaciones no ionizantes

Usar la protección colectiva de pantallas de soldadura (o cortinas) en caso de no realizarse en una zona aislada, pues la soldadura oxiacetilénica emite ondas infrarrojas y UVA.

Proteger toda las partes del cuerpo con guantes, mascara y ropa apropiada. No exponer zonas desnudas de la piel a la radiación

Usar pantalla de soldadura facial (con marcado CE) con el filtro protector adecuado a la potencia de la soldadura.

Minimizar los reflejos procedentes de la soldadura (es recomendable que los materiales de los alrededores del puesto sean mates y de color oscuro) [4].

Carga física: posición

Realizar cambios frecuentes de la postura adoptada.

Carga física: sobreesfuerzos

Informar y formar a los trabajadores de la correcta higiene postural.

Carga física: manejo de cargas

Utilizar medios mecánicos para las cargas pesadas (Máximo 25 kg)

Solicitar la ayuda de los compañeros para el manejo de cargas voluminosas/pesadas.

Formar e informar a los trabajadores en materia de Manipulación Manual de Cargas.

Explosión

Separar los materiales inflamables de los focos de ignición.

Alejar los materiales inflamables de la zona de soldadura (botella de acetileno, botella de oxígeno, pinturas, aceites, grasas, aerosoles, etc.).

Controlar que la propagación de chispas y partículas incandescentes alcancen materiales inflamables (colocar pantallas si es preciso).

Almacenar adecuadamente los materiales inflamables y gases.

Mantener las válvulas y los manorreductores de la botella de oxígeno limpias y sin restos de grasa (1 kg de grasa próximo a oxígeno puro equivale a 1kg de dinamita) [3].

Establecer procedimientos de trabajo e implantar un sistema de permisos de trabajo si se realizan trabajos de soldadura en el interior de recipientes que hayan contenido productos inflamables, en espacios confinados, con riesgo de explosión, etc. [4].

Limpiar con agua caliente y desgrasificar con vapor de agua, por ejemplo, los recipientes que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables antes de trabajar en ellos. Además comprobar con la ayuda de un medidor de atmosferas peligrosas la ausencia total de gases [4].

Realizar las revisiones/inspecciones establecidas en el Reglamento de Aparatos a Presión para los calderines de los compresores. Efectuar un mantenimiento periódico de dichos equipos [4].

Quemaduras

Cubrirse todas las partes del cuerpo antes de iniciar la soldadura. Esto es usar la pantalla de protección, mandil, guantes, mangas, polainas, botas, etc.

Usar la protección colectiva de pantalla de soldadura para reducir el riesgo de proyección de partículas incandescentes al resto de trabajadores.

No llevar elementos inflamables durante la operación de soldadura (mechero, pintura, etc.).

Utilizar ropa adecuada, es decir, que no sea sintética, con bolsillos con tapa, puños cerrados.

Utilizar preferiblemente calzado de seguridad sin cordura, en su defecto usar polainas.

Prohibido el uso del oxígeno de la botella para limpiar a modo pistola de aire a presión.

3.2 Soldadura GTAW (TIG)

3.2.1 Introducción

La soldadura GTAW (en inglés, gas tungsten arc welding) se caracteriza por el uso de un electrodo de tungsteno para calentar el metal, mientras que el gas inerte protege el charco de soldadura de los contaminantes que se transmiten por el aire. Se puede utilizar para producir soldaduras de alta calidad y limpias en la mayoría de materiales, incluyendo acero, cromo, acero inoxidable, aluminio, aleaciones de níquel, magnesio, cobre, latón, bronce y oro [2]. A lo largo del tiempo, los profesionales de la soldadura han tenido y tienen muy buena opinión de ella, estando considerada desde sus inicios como el mejor proceso de soldadura [3]. Este tipo de soldadura queda exclusivamente para uso en talleres y/o lugares cerrados, ya que en caso de realizarse en el exterior, hay riesgo de que las corrientes de aire desplacen el flujo de gas protector lo que provocaría una pésima calidad en la soldadura.



Figura 3.15 Soldadura GTAW (Fuente: fbrmuntatges.com)

3.2.2 Equipos de trabajo, herramientas y materiales

3.2.2.1 Equipos de trabajo

Fuente de alimentación:

También conocido como máquina de soldar, equipo de soldar o soldadora. Es el dispositivo que conectado a la red transforma la corriente alterna de alimentación de la red (230 V, 50 Hz) en una corriente continua con un valor de intensidad variable a través de un potenciómetro. Estos dispositivos también transforman la corriente alterna de la red en corriente alterna de distinto valor tanto en frecuencia como en tensión.



Figura 3.16 Fuente de alimentación GTAW (Fuente: agoradirect.es)

Antorcha:

Instrumento formado por una pistola y una manguera que tiene la misión de conducir la corriente y el gas inerte de protección hasta la zona a soldar. El electrodo de tungsteno se sujeta mediante una pinza alojada en su interior. El gas de protección es conducido desde la bombona hasta la pistola mediante una manguera, llega hasta una cabeza cerámica que dirige el chorro denominada difusor.



Figura 3.17 Antorcha GTAW (Fuente: solochapa.com)

Pinza de masa:

Acoplamiento de la fuente de alimentación formado por una pinza que se conecta a un conductor eléctrico. Conectada la pinza a la pieza a soldar es la encargada de cerrar el circuito eléctrico una vez se ha producido el arco.



Figura 3.18 Pinza de masa (Fuente: manomano.es)

Bombona de gas inerte:

Recipiente metálico con cierre hermético que contiene el gas inerte que protege la soldadura del oxígeno. Lleva acoplado un manómetro y una válvula que regula su caudal con una función anti retorno. En GTAW éste gas es Argón, Argón más Hidrogeno o Argón más Helio.



Figura 3.19 Bombona de gas inerte y válvula (Fuente: ebay.com)

Amoladora:

Ver punto 3.1.2.1

3.2.2.2 Herramientas

Presillas:

Ver punto 3.1.2.2.

Mordaza de banco:

Ver punto 3.1.2.2.

3.2.2.3 Materiales

Electrodo no consumible:

Varilla de tungsteno de entre 15 y 20 cm de longitud, cuyo diámetro varía entre 0,3 mm y 6,4 mm. Es la parte encargada de cerrar el circuito eléctrico mediante un arco. Se utiliza tungsteno debido a que es el metal de mayor punto de fusión 3410 °C. Normalmente su composición no es pura, pues aleado con otros compuestos se consiguen mayores prestaciones.



Figura 3.20 Electrodo de Tungsteno (Fuente: grainger.com.mx)

Metal de aporte:

En GTAW el metal de aporte viene en forma de varilla de entre 50 y 90 cm de longitud. Su diámetro varía entre 1,1 mm y 4,2 mm. El metal de aportación en cuanto a resistencia debe ser mayor o igual que la de las piezas a unir. Suelen ser generalmente de acero inoxidable, acero al carbono, níquel, aluminio, cobre o plata.



Figura 3.21 Varillas de aporte (Fuente: gasesmataderos.com)

3.2.3 Descripción del proceso

A la hora de realizar una soldadura mediante el proceso GTAW debemos seguir unas pautas tanto para la seguridad de los trabajadores como para la calidad de la soldadura.

En primer lugar debemos comprobar el estado del equipo de soldadura. Esto es lo que tenemos que revisar:

- Los EPI's necesarios y su correcto estado (ver 3.2.5)
- Que el nivel y presión de gas inerte de soldadura en la bombona es correcto.
- El estado de las válvulas de la bombona.
- Que los latiguillos de gas y las abrazaderas estén en buen estado y no tengan fugas.
- El estado visual del equipo de soldadura.
- Los potenciómetros del equipo funcionen correctamente.
- El aislante del cable de alimentación y los cables del conector no estén sueltos.
- En caso de utilizar un alargador enrollado, comprobar el estado del aislante y desenrollarlo del todo a la hora de soldar (ya que puede hacer bobina).
- El estado de la pistola/antorcha y de su cable.
- El estado de la pinza de masa y su cable.
- El estado de la amoladora, que el disco esté bien apretado, el funcionamiento y sus sistemas de seguridad.
- Que la zona de trabajo sea segura.
- La correcta preparación y sujeción de las piezas a soldar.

Una vez realizado estos pasos, el operario se pondrá los guantes con protección a los cortes y las gafas o pantalla contra la proyección de partículas. Se dispondrá a preparar las piezas para soldar, esto es preparar la zona de unión y retirar restos de pintura si hubiese con la amoladora. Una vez preparada sujetará las piezas de forma firme con unas presillas o cualquier otro elemento de sujeción. Aunque en la práctica para piezas pequeñas la sujeción se suele hacer aplicando un par de puntos de soldaduras a extremos de la sección a unir, en caso de realizar esta sujeción utilizar los EPI's propios de la operación de soldadura (ver 3.2.5).



Figura 3.22 EPI's soldadura (Fuente: Wikihow.com)

En GTAW la siguiente operación consiste en afilar con la amoladora y el disco abrasivo pulidor (normalmente conocido como milhojas) o una esmeriladora fija (opción más segura) el electrodo de tungsteno y eliminar su hubiese la parte de la punta contaminada, esto es si la última vez que se usó se contaminó del metal de aporte o del metal de las piezas a unir. El principal objetivo del afilado es la de concentrar el arco y conseguir una mayor penetración. Por seguridad se recomienda moler en dirección radial alrededor de la circunferencia del tungsteno y no en línea recta hacia los extremos [2]. Al acabar esta operación insertaremos el electrodo de tungsteno en la pistola.

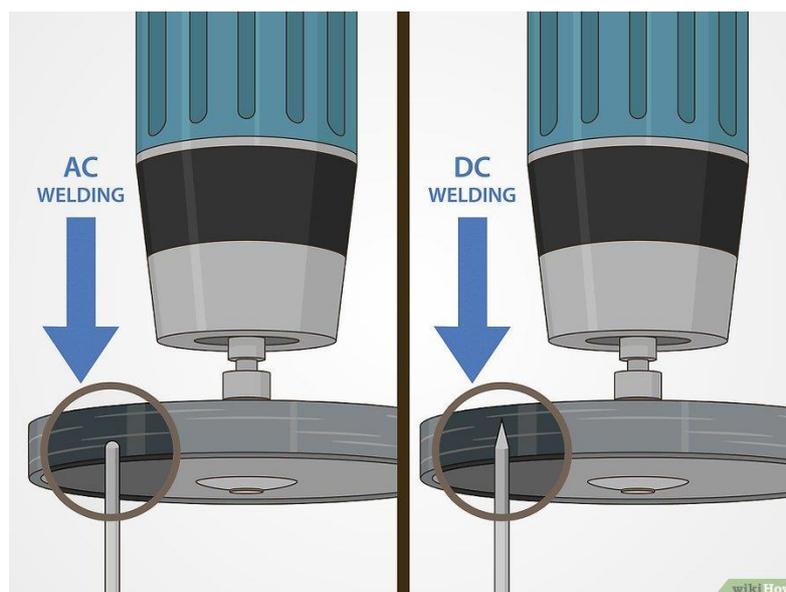


Figura 3.23 Afilado del electrodo de Tungsteno (Fuente: Wikihow.com)

Un aspecto a tener en cuenta en GTAW es que en caso de usar material de aporte, éste viene desnudo en forma de alambre de unos 40-50 cm de longitud y para evitar accidentes debemos de doblar la punta contraria a la soldadura para evitar incrustaciones en los ojos como se muestra en la siguiente figura.

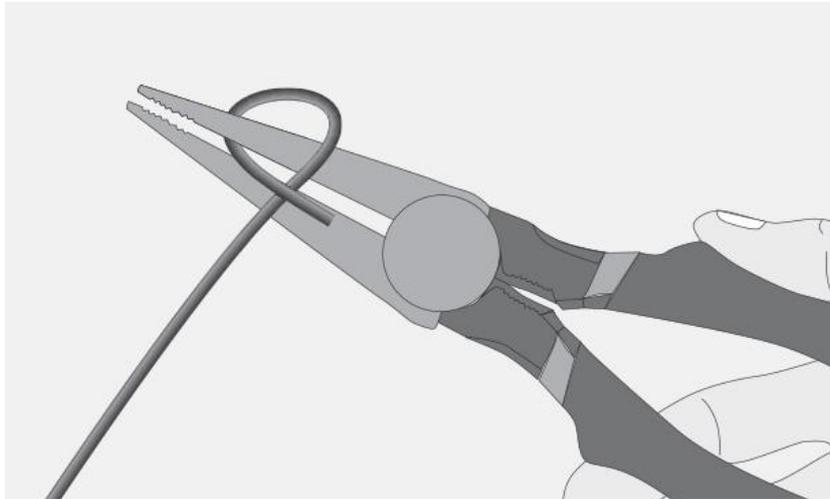


Figura 3.24 Doblado de la punta del material de aporte (Fuente: hagaloustedmismo.cl)

Luego conectamos el cable de masa, el latiguillo de la bombona de gas inerte y el cable de antorcha con todas sus conexiones al equipo de soldadura. Es importante para la calidad de soldadura la polaridad de la corriente. Luego conectaremos a la red eléctrica con el equipo de soldador en posición “OFF” el cable de alimentación. Por último abriremos la llave de la bombona de gas inerte. Abriremos y cerraremos la válvula rápidamente para limpiar cualquier residuo.

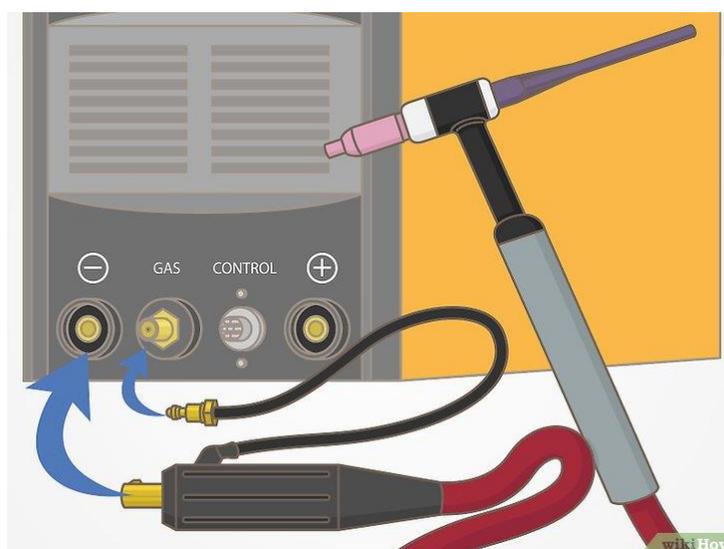


Figura 3.25 Conexiones GTAW (Fuente: wikihow.com)

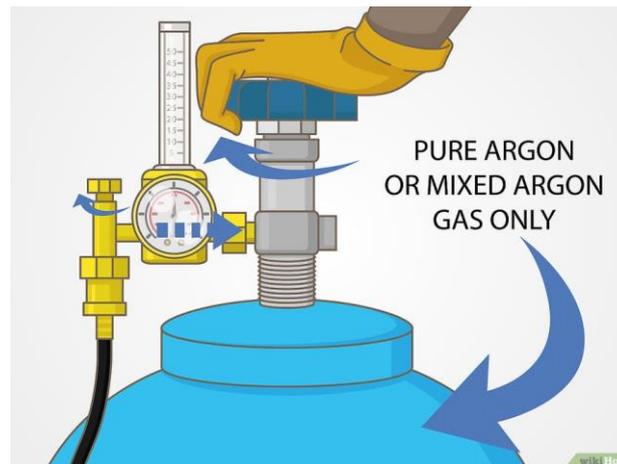


Figura 3.26 Apertura del gas de la bombona (Fuente: Wikihow.com)

Finalmente nos colocaremos los EPI's necesario para el proceso de soldadura propiamente dicho (ver 3.2.5) incluido en este paso ajustar la pantalla en caso de ser electrónica (ver Anexo 4), colocamos la pinza de masa en la pieza lo más cerca posible de la zona a unir. Con la antorcha en una mano, ponemos el equipo de soldadura en la posición "ON" y configuramos el amperaje y la corriente. Lo bueno que tienen las antorchas TIG es que poseen una especie de gatillo que hasta que no es accionado no abre el paso a la corriente ni inyecta el gas inerte. Una vez configurado el equipo y colocados los EPI's el operario procederá a realizar la soldadura.



Figura 3.27 Ajuste del amperaje (Fuente: Wikihow.com)

Al terminar el cordón o puntos de soldadura en GTAW no se produce cascarilla y si el soldador es hábil no se necesitará realizar ningún tipo de desbaste. No obstante una vez realizado el trabajo se recomienda dejar enfriar la pieza y en caso de tener que manipularla utilizar los EPI's adecuados en el proceso post-soldadura (ver 3.2.5).

Para los procesos de soldadura con arco eléctrico el INSHT en su NTP 494 nos indica unas normas de seguridad específicas [8]:

- No realizar trabajos de soldadura en locales húmedos o mojados.
- Contar con interruptor cerca del puesto de soldadura que permita cortar totalmente la corriente en caso necesario.
- Los cables de alimentación deben ser de la sección suficiente para no dar lugar a sobrecalentamientos. Su aislamiento será adecuado para una tensión nominal superior a 1000 V.
- Debe comprobarse periódicamente el correcto aislamiento de los bornes de conexión de la máquina y la clavija de enchufe.
- La carcasa debe estar conectada a tierra a través de una toma de corriente asociada a un interruptor diferencial.
- Los cables de soldadura soportaran las corrientes generadas por el tipo de trabajo (hay que tener en cuenta que la longitud disminuye su capacidad de transporte de corriente eléctrica).
- Es necesario comprobar periódicamente el estado de la conexión de los cables de soldadura a la maquina (conviene evitar la utilización de tornillos para fijar conductores trenzados, pues acaban por desapretarse) y a las pinzas y el aislamiento adecuado de dichas zonas.
- Se debe reemplazar cualquier cable de soldadura que presente cualquier defecto de aislamiento (o algún tipo de deformación a menos de 3 m del porta electrodos).
- Los cables del circuito de soldadura deben desenrollarse completamente antes de su uso y protegerse contra proyecciones incandescentes, grasas, aceites, etc., para evitar arcos o circuitos irregulares. Bajo ningún concepto se enrollaran sobre el cuerpo.
- Los cables deben disponerse procurando que no formen bucles ni atraviesen vías de circulación de vehículos o personas sin estar protegidos con apoyos de paso de suficiente resistencia a la compresión.

- El cable de soldar debe mantenerse con una mano y la soldadura se debe ejecutar con la otra.
- La pinza porta electrodos debe ser adecuada al tipo de electrodo utilizado, que debe quedar firmemente sujeto a la misma.
- Para colocar el electrodo en la pinza se deben utilizar siempre los guantes. También se usaran los guantes para coger la pinza cuando este en tensión.
- No sustituir los electrodos con guantes mojados o sobre una superficie mojada o puesta a tierra.
- No utilizar electrodos mojados, húmedos o de longitud inferior a 50 mm (se pueden dañar los aislantes de los mismos dando lugar a cortocircuitos accidentales) ni enfriarlos sumergiéndolos en agua.
- La pinza de toma de tierra no debe unirse a cadenas, cables de un montacargas, tornos, tuberías y depósitos (en especial si son de gas o líquidos inflamables) o conducciones que contengan cables eléctricos.
- La base de soldar debe ser sólida y estar apoyada sobre objetos estables.
- Cortar la corriente antes de cambiar la polaridad. No se debe accionar el conmutador de polaridad mientras el puesto de soldadura este trabajando.
- Picar la escoria depositada en las piezas soldadas con un martillo específicamente concebido para ello y de forma que los trozos salgan en dirección contraria al cuerpo. Previamente al inicio de la tarea se deben eliminar de las escorias las materias combustibles que pudieran inflamarse al ser picadas. Se deben proteger los ojos con gafas de seguridad o una pantalla transparente.
- En trabajos sobre elementos metálicos, es necesario utilizar calzado de seguridad aislante.
- Cuando los trabajos de soldadura se deban interrumpir durante un cierto periodo se deben sacar todos los electrodos de los porta electrodos, desconectando el puesto de soldar de la fuente de alimentación.
- Inspeccionar periódicamente (al menos semanalmente) todo el material de la instalación de soldadura

Explosión	X					X	MODERADO
Quemaduras		X		X			TOLERABLE
Deficiencia en materia de evacuación							No aplica
Accidentes causados por seres vivos							No aplica
Robo							No aplica
Accidente in itinere							No aplica
Agravamiento de riesgos							No aplica
Otros							No aplica

Tabla 3.2 Evaluación de riesgos GTAW

3.2.5 Medidas preventivas

Deficiencias en el centro o equipos de trabajo

Revisar los equipos de trabajo antes de realizar las soldaduras.

Comprobar el estado del centro de trabajo. Orden y limpieza.

Caída de personas a distinto nivel

Utilización de equipos de trabajo adecuados (plataformas, andamios, etc.)

Uso de equipos de protección colectivas (barandillas, redes, etc.)

Empleo de arnés/cinturón anti caídas, así como cable de vida.

Caída de personas al mismo nivel

Orden y limpieza. Limpiar polvo y residuos en las zonas de trabajo/tránsito.

Mantener libres las zonas de paso/trabajo.

Eliminar restos de aceites mediante sepiolita.

Utilizar calzado con suela antideslizante.

Caída de objetos por manipulación

Utilizar calzado de seguridad con puntera de acero.

Soldar sobre bases sólidas y estables.

Las botellas de gas han de estar en posición vertical y sujetas mediante zinchas o cadenas.

La correcta fijación de las piezas a soldar.

Pisadas sobre objetos

Orden y limpieza.

Disponer de contenedores, gavetas para materiales residuos y restos.

Calzado de seguridad con plantilla anti perforación.

Choque contra objetos inmóviles

Orden y limpieza.

Adecuado almacenamiento de materiales (barras, perfiles, cuadradillos) y señalización.

Golpes/cortes por objetos o herramientas

Utilizar equipos de trabajo con marcado CE.

No puentear las seguridades de los equipos de trabajo.

Comprobar que los carenados/resguardos de protección están disponibles y en buen estado.

Utilizar guantes con resistencia mecánica al corte.

No utilizar máquinas sin protecciones.

Proyección de fragmentos o partículas

No utilizar aire comprimido para quitar el polvo de la ropa o de las piezas.

Utilizar gafas o pantalla de protección facial contra la proyección de partículas.

Colocar pantallas en caso de que exista el riesgo de que las partículas lleguen a terceros o en su defecto alejar al personal.

No utilizar máquinas sin protecciones.

Atrapamiento por o entre objetos

Prohibido el uso de prendas y objetos que puedan quedar atrapados en partes móviles. Prohibido el uso de pulseras, anillos, colgantes, pelo suelto, ropa holgada (los puños deben de ser cerrados).

No utilizar máquinas sin protecciones.

Contactos eléctricos

Usar herramientas y equipos con el marcado de conformidad CE. Con aislamiento suficiente para trabajar.

Seguir las instrucciones de los fabricantes.

Comprobar las conexiones eléctricas y hacerle el mantenimiento periódico.

Manipular los aparatos con las manos o guantes secos.

Colocar la pinza de masa lo más próximo a la zona de soldadura.

En caso de que un equipo esté en mal estado no utilizarlo. Informar al superior inmediato y precintar.

Comprobar el estado de los diferenciales de la instalación. Pulsar el botón test periódicamente.

En caso de que el equipo tenga toma de tierra, conectar siempre en enchufes con toma de tierra. No hacer conexiones inseguras.

Utilizar calzado de seguridad con suela aislante.

Incendios

Disponer de medios de extinción en las zonas donde se realicen las soldaduras (extintores de dióxido de carbono o polvo polivalente ABC).

Alejar los materiales inflamables de la zona de soldadura (, pinturas, aceites, grasas, aerosoles, etc.).

Controlar que la propagación de chispas y partículas incandescentes alcancen materiales inflamables (colocar pantallas si es preciso).

Almacenar adecuadamente los materiales inflamables y gases.

Formar e informar a los trabajadores sobre actuaciones en caso de incendio.

Riesgo químico

Usar extracción local (brazos orientables, aspiración acoplada al útil, mesa con aspiración descendente)

Evitar las campanas de bóvedas o de techo pues hace que el soldador inhale una mayor cantidad de humos y gases [4].

Ventilación adecuada (evitando que los humos pasen por las vías respiratorias del soldador.

Utilizar mascarillas filtrantes de gases. Al menos con protección mínima FFP2 (ver anexo 4)

Establecer procedimientos de trabajos en caso de realizarlos en espacios confinados.

Ver la ficha de seguridad de los materiales utilizados (gases inertes, electrodos)

Evitar el soldeo de piezas desengrasadas con productos clorados sin antes haber limpiado en profundidad (de lo contrario puede formarse fosgeno) [4].

Ruido

Limitar el tiempo de exposición

Uso de protección auditiva adecuada y con marcado CE.

Señalizar las zonas en las que se obligatorio el uso de protección auditiva.

Minimizar la emisión de ruido hacia los demás trabajadores, con pantallas o realizando las soldaduras en una zona delimitada físicamente.

Vibraciones

Consultar la vibración de la amoladora en el manual de instrucciones y limitar su uso en función del tiempo (Vibraciones del tipo mano-brazo generadas por la amoladora en el proceso de preparación y acabado de superficies).

Deficiencias de iluminación

Mantener un nivel mínimo de iluminación de 300 lux en los puestos de soldadura [4].

Disconfort térmico

Beber abundante agua y realizar rotaciones (dada la naturaleza del proceso y de los EPI's es un aspecto a tener muy en cuenta.

Ventilar la zona con frecuencia.

Exposición a agentes físicos: radiaciones ionizantes

No utilizar electrodos de tungsteno toriados.

Exposición a agentes físicos: radiaciones no ionizantes

Usar la protección colectiva de pantallas de soldadura (o cortinas) en caso de no realizarse en una zona aislada, pues la soldadura eléctrica por arco emite gran cantidad de rayos UVA, UVB y UVC.

Proteger toda las partes del cuerpo con guantes, mascara y ropa apropiada. No exponer zonas desnudas de la piel a la radiación

Usar pantalla de soldadura facial (con marcado CE) con el filtro protector adecuado a la potencia de la soldadura.

Minimizar los reflejos procedentes de la soldadura (es recomendable que los materiales de los alrededores del puesto sean mates y de color oscuro) [4].

Carga física: posición

Realizar cambios frecuentes de la postura adoptada.

Carga física: sobreesfuerzos

Informar y formar a los trabajadores de la correcta higiene postural.

Carga física: manejo de cargas

Utilizar medios mecánicos para las cargas pesadas (Máximo 25 kg)

Solicitar la ayuda de los compañeros para el manejo de cargas voluminosas/pesadas.

Formar e informar a los trabajadores en materia de Manipulación Manual de Cargas.

Explosión

Separar los materiales inflamables de los focos de ignición.

Alejar los materiales inflamables de la zona de soldadura (pinturas, aceites, grasas, aerosoles, etc.).

Controlar que la propagación de chispas y partículas incandescentes alcancen materiales inflamables (colocar pantallas si es preciso).

Almacenar adecuadamente los materiales inflamables y gases.

Establecer procedimientos de trabajo e implantar un sistema de permisos de trabajo si se realizan trabajos de soldadura en el interior de recipientes que hayan contenido productos inflamables, en espacios confinados, con riesgo de explosión, etc. [4].

No conectar la pinza de masa a canalizaciones o depósitos.

Limpiar con agua caliente y desgrasificar con vapor de agua, por ejemplo, los recipientes que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables antes de trabajar en ellos. Además comprobar con la ayuda de un medidor de atmosferas peligrosas la ausencia total de gases [4].

Realizar las revisiones/inspecciones establecidas en el Reglamento de Aparatos a Presión para los calderines de los compresores. Efectuar un mantenimiento periódico de dichos equipos [4].

Quemaduras

Cubrirse todas las partes del cuerpo antes de iniciar la soldadura. Esto es usar la pantalla de protección, mandil, guantes, mangas, polainas, botas, etc.

Usar la protección colectiva de pantalla de soldadura para reducir el riesgo de proyección de partículas incandescentes al resto de trabajadores.

No llevar elementos inflamables durante la operación de soldadura (mechero, pintura, etc.).

Utilizar ropa adecuada, es decir, que no sea sintética, con bolsillos con tapa, puños cerrados.

Utilizar preferiblemente calzado de seguridad sin cordura, en su defecto usar polainas.

3.3 Soldadura SMAW & FCAW

3.3.1 Introducción

La soldadura SMAW (en inglés, shielded metal arc welding) es el proceso más utilizado de soldadura tanto por su costo como por su versatilidad. Se utiliza un electrodo consumible cubierto en su parte exterior con fundente que a la hora de soldar se convierte en gas protegiendo el cordón contra la oxidación. El proceso de soldadura de arco con núcleo fundente (FCAW) es similar al de la soldadura por arco metálico y gas, excepto porque el electrodo tiene forma tubular y está relleno con fundente. Los electrodos con núcleo producen un arco más estable y mejores propiedades mecánicas del metal de soldadura, además de mejorar el contorno de la soldadura [1].



Figura 3.28 Soldadura SMAW (Fuente: differencebox.com)

3.3.2 Equipos de trabajo, herramientas y materiales

3.3.2.1 Equipos de trabajo

Fuente de alimentación:

Ver punto 3.2.2.1.

Pinza porta electrodo:

Instrumento formado por una pinza, su empuñadura y un cable que tiene la misión de conducir la corriente desde la fuente de alimentación hasta la zona a soldar. El electrodo se sujeta mediante la pinza, la sujeción tiene que ser firme...



Figura 3.29 Pinza porta electrodo (Fuente: tufferre.com)

Pinza de masa:

Ver punto 3.2.2.1.

Amoladora:

Ver punto 3.1.2.1

3.3.2.2 Herramientas

Presillas:

Ver punto 3.1.2.2.

Mordaza de banco:

Ver punto 3.1.2.2.

Piqueta:

Herramienta con forma de martillo acabada en forma puntiaguda que se utiliza para eliminar la mayor parte de la cascarilla provocada por el fundente protector.



Figura 3.30 Piqueta de soldador (Fuente: manomano.es)

Cepillo de alambre:

Cepillo formado por alambres que se utiliza para eliminar del todo las impurezas del fundente en el cordón de soldadura.



Figura 3.31 Cepillo de alambres (Fuente: 2rtools.com)

3.3.2.3 Materiales

Electrodo recubierto:

Varilla metálica revestida. Su revestimiento principalmente crea un gas protector que evita la oxidación de la soldadura, aunque también afina el grano del metal fundido y facilita la formación del arco. Su diámetro varía entre 2,4 mm y 6,4 mm con una longitud comprendida entre 35 y 45 cm. Existen diferentes tipos en el mercado, en función de la aleación del metal de aporte, su revestimiento, su diámetro, la polaridad y la posición de soldeo.



Figura 3.32 Electrodo revestido (Fuente: soldemos.net)

3.3.3 Descripción del proceso

A la hora de realizar una soldadura mediante el proceso SMAW o FCAW debemos seguir unas pautas tanto para la seguridad de los trabajadores como para la calidad de la soldadura.

En primer lugar debemos comprobar el estado del equipo de soldadura. Esto es lo que tenemos que revisar:

- Los EPI's necesarios y su correcto estado (ver 3.2.5)
- El estado visual del equipo de soldadura.

- Los potenciómetros del equipo funcionen correctamente.
- El aislante del cable de alimentación y los cables del conector no estén sueltos.
- En caso de utilizar un alargador enrollado, comprobar el estado del aislante y desenrollarlo del todo a la hora de soldar (ya que puede hacer bobina).
- El estado de la pinza porta electrodo y de su cable.
- El estado de la pinza de masa y su cable.
- El estado de la amoladora, que el disco esté bien apretado, el funcionamiento y sus sistemas de seguridad.
- Que la zona de trabajo sea segura.
- La correcta preparación y sujeción de las piezas a soldar.

Una vez realizado estos pasos, el operario se pondrá los guantes con protección a los cortes y las gafas o pantalla contra la proyección de partículas. Se dispondrá a preparar las piezas para soldar, esto es preparar la zona de unión y retirar restos de pintura si hubiese con la amoladora. Una vez preparada sujetará las piezas de forma firme con unas presillas o cualquier otro elemento de sujeción. Aunque en la práctica para piezas pequeñas la sujeción se suele hacer aplicando un par de puntos de soldaduras a extremos de la sección a unir, en caso de realizar esta sujeción utilizar los EPI's propios de la operación de soldadura (ver 3.2.5).



Figura 3.33 Mandil de cuero para soldadura (Fuente: distincion.eu)

Luego conectamos el cable de masa, y el cable de la pinza porta electrodos con al equipo de soldadura. Es importante para la calidad de soldadura la polaridad de la corriente. Luego conectaremos a la red eléctrica con el equipo de soldador en posición “OFF” el cable de alimentación.

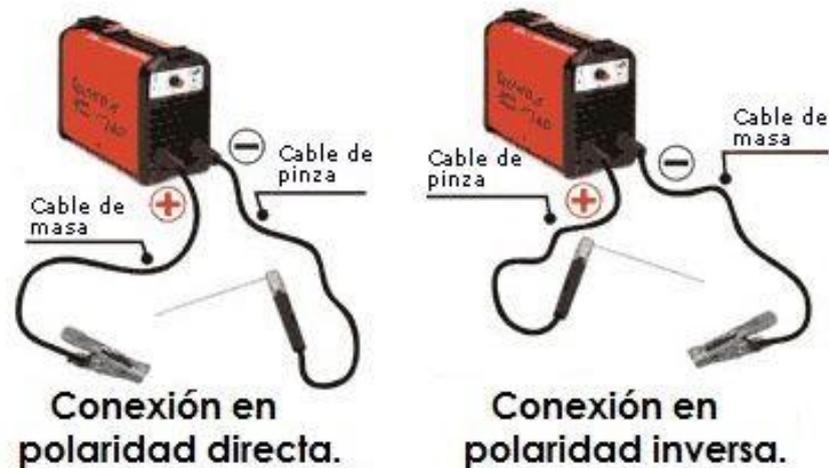


Figura 3.34 Polaridad SMAW (Fuente: Pinterest)

Finalmente nos colocaremos los EPI's necesario para el proceso de soldadura propiamente dicho (ver 3.2.5) incluido en este paso ajustar la pantalla en caso de ser electrónica (ver Anexo 4), colocamos la pinza de masa en la pieza lo más cerca posible de la zona a soldar. Con la pinza porta electrodo en una mano, ponemos el equipo de soldadura en la posición "ON" y configuramos el amperaje y la corriente. Una vez configurado el equipo y colocados los EPI's el operario procederá a cebar el arco y una vez cebado realizamos la soldadura.

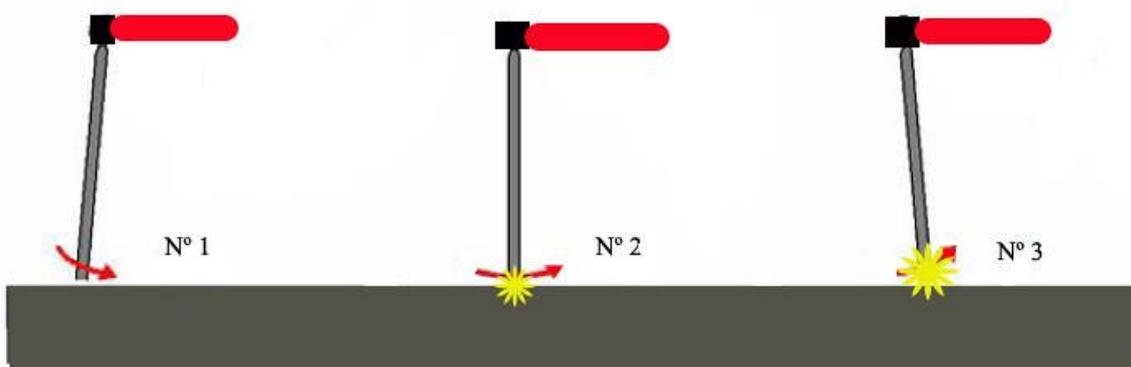


Figura 3.35 Cebado del arco (Fuente: flickr.com)

Al terminar el cordón o puntos de soldadura en SMAW y FCAW se produce cascarilla. Para su eliminación nos pondremos unas gafas o pantalla contra la proyección de partículas y con ayuda de la piqueta y el cepillo de alambres la eliminamos. Si el cordón está bien hecho la cascarilla saldrá ella sola de una pieza. Es muy importante no quitarse los guantes en este

proceso ya que corremos el riesgo de quemarnos. Si el soldador tiene pericia no se necesitará realizar ningún tipo de desbaste. En caso de necesitarse un desbaste o acabado utilizar los EPI's correspondientes contra la proyección de partículas y quemaduras.



Figura 3.36 Cascarilla SMAW (Fuente: reparatucultivador.com)

Ver normas de seguridad específica para soldadura por arco eléctrico (NTP 494) al final del punto 3.2.3.

Explosión	X					X	MODERADO
Quemaduras		X		X			TOLERABLE
Deficiencia en materia de evacuación							No aplica
Accidentes causados por seres vivos							No aplica
Robo							No aplica
Accidente in itinere							No aplica
Agravamiento de riesgos							No aplica
Otros							No aplica

Tabla 3.3 Evaluación de riesgos SMAW & FCAW

3.3.5 Medidas preventivas

Deficiencias en el centro o equipos de trabajo

Revisar los equipos de trabajo antes de realizar las soldaduras.

Comprobar el estado del centro de trabajo. Orden y limpieza.

Caída de personas a distinto nivel

Utilización de equipos de trabajo adecuados (plataformas, andamios, etc.)

Uso de equipos de protección colectivas (barandillas, redes, etc.)

Empleo de arnés/cinturón anti caídas, así como cable de vida.

Caída de personas al mismo nivel

Orden y limpieza. Limpiar polvo y residuos en las zonas de trabajo/tránsito.

Mantener libres las zonas de paso/trabajo.

Eliminar restos de aceites mediante sepiolita.

Utilizar calzado con suela antideslizante.

Caída de objetos por manipulación

Utilizar calzado de seguridad con puntera de acero.

Soldar sobre bases sólidas y estables.

La correcta fijación de las piezas a soldar.

Pisadas sobre objetos

Orden y limpieza.

Disponer de contenedores, gavetas para materiales, residuos y restos.

Calzado de seguridad con plantilla anti perforación.

Choque contra objetos inmóviles

Orden y limpieza.

Adecuado almacenamiento de materiales (barras, perfiles, cuadradillos) y señalización.

Golpes/cortes por objetos o herramientas

Utilizar equipos de trabajo con marcado CE.

No puentear las seguridades de los equipos de trabajo.

Comprobar que los carenados/resguardos de protección están disponibles y en buen estado.

Utilizar guantes con resistencia mecánica al corte.

No utilizar máquinas sin protecciones.

Proyección de fragmentos o partículas

No utilizar aire comprimido para quitar el polvo de la ropa o de las piezas.

Utilizar gafas o pantalla de protección facial contra la proyección de partículas.

Colocar pantallas en caso de que exista el riesgo de que las partículas lleguen a terceros o en su defecto alejar al personal.

No utilizar máquinas sin protecciones.

Atrapamiento por o entre objetos

Prohibido el uso de prendas y objetos que puedan quedar atrapados en partes móviles. Prohibido el uso de pulseras, anillos, colgantes, pelo suelto, ropa holgada (los puños deben de ser cerrados).

No utilizar máquinas sin protecciones.

Contactos eléctricos

Usar herramientas y equipos con el marcado de conformidad CE. Con aislamiento suficiente para trabajar.

Seguir las instrucciones de los fabricantes.

Comprobar las conexiones eléctricas y hacerle el mantenimiento periódico.

Manipular los aparatos con las manos o guantes secos.

Colocar la pinza de masa lo más próximo a la zona de soldadura.

En caso de que un equipo esté en mal estado no utilizarlo. Informar al superior inmediato y precintar.

Comprobar el estado de los diferenciales de la instalación. Pulsar el botón test periódicamente.

En caso de que el equipo tenga toma de tierra, conectar siempre en enchufes con toma de tierra. No hacer conexiones inseguras.

Utilizar calzado de seguridad con suela aislante.

Incendios

Disponer de medios de extinción en las zonas donde se realicen las soldaduras (extintores de dióxido de carbono o polvo polivalente ABC).

Alejar los materiales inflamables de la zona de soldadura (pinturas, aceites, grasas, aerosoles, etc.).

Controlar que la propagación de chispas y partículas incandescentes alcancen materiales inflamables (colocar pantallas si es preciso).

Almacenar adecuadamente los materiales inflamables y gases.

Formar e informar a los trabajadores sobre actuaciones en caso de incendio.

Riesgo químico

Usar extracción local (brazos orientables, aspiración acoplada al útil, mesa con aspiración descendente)

Evitar las campanas de bóvedas o de techo pues hace que el soldador inhale una mayor cantidad de humos y gases [4].

Ventilación adecuada (evitando que los humos pasen por las vías respiratorias del soldador.

Utilizar mascarillas filtrantes de gases. Al menos con protección mínima FFP2 (ver anexo 4)

Establecer procedimientos de trabajos en caso de realizarlos en espacios confinados.

Ver la ficha de seguridad de los materiales utilizados (electrodos)

Evitar el soldeo de piezas desengrasadas con productos clorados sin antes haber limpiado en profundidad (de lo contrario puede formarse fosgeno) [4].

Ruido

Limitar el tiempo de exposición

Uso de protección auditiva adecuada y con marcado CE.

Señalizar las zonas en las que se obligatorio el uso de protección auditiva.

Minimizar la emisión de ruido hacia los demás trabajadores, con pantallas o realizando las soldaduras en una zona delimitada físicamente.

Vibraciones

Consultar la vibración de la amoladora en el manual de instrucciones y limitar su uso en función del tiempo (Vibraciones del tipo mano-brazo generadas por la amoladora en el proceso de preparación y acabado de superficies).

Deficiencias de iluminación

Mantener un nivel mínimo de iluminación de 300 lux en los puestos de soldadura [4].

Disconfort térmico

Beber abundante agua y realizar rotaciones (dada la naturaleza del proceso y de los EPI's es un aspecto a tener muy en cuenta.

Ventilar la zona con frecuencia.

Exposición a agentes físicos: radiaciones no ionizantes

Usar la protección colectiva de pantallas de soldadura (o cortinas) en caso de no realizarse en una zona aislada, pues la soldadura eléctrica por arco emite gran cantidad de rayos UVA, UVB y UVC.

Proteger toda las partes del cuerpo con guantes, mascara y ropa apropiada. No exponer zonas desnudas de la piel a la radiación

Usar pantalla de soldadura facial (con marcado CE) con el filtro protector adecuado a la potencia de la soldadura.

Minimizar los reflejos procedentes de la soldadura (es recomendable que los materiales de los alrededores del puesto sean mates y de color oscuro) [4].

Carga física: posición

Realizar cambios frecuentes de la postura adoptada.

Carga física: sobreesfuerzos

Informar y formar a los trabajadores de la correcta higiene postural.

Carga física: manejo de cargas

Utilizar medios mecánicos para las cargas pesadas (Máximo 25 kg)

Solicitar la ayuda de los compañeros para el manejo de cargas voluminosas/pesadas.

Formar e informar a los trabajadores en materia de Manipulación Manual de Cargas.

Explosión

Separar los materiales inflamables de los focos de ignición.

Alejar los materiales inflamables de la zona de soldadura (pinturas, aceites, grasas, aerosoles, etc.).

Controlar que la propagación de chispas y partículas incandescentes alcancen materiales inflamables (colocar pantallas si es preciso).

Almacenar adecuadamente los materiales inflamables y gases.

Establecer procedimientos de trabajo e implantar un sistema de permisos de trabajo si se realizan trabajos de soldadura en el interior de recipientes que hayan contenido productos inflamables, en espacios confinados, con riesgo de explosión, etc. [4].

No conectar la pinza de masa a canalizaciones o depósitos.

Limpiar con agua caliente y desgrasificar con vapor de agua, por ejemplo, los recipientes que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables antes de trabajar en ellos. Además comprobar con la ayuda de un medidor de atmosferas peligrosas la ausencia total de gases [4].

Realizar las revisiones/inspecciones establecidas en el Reglamento de Aparatos a Presión para los calderines de los compresores. Efectuar un mantenimiento periódico de dichos equipos [4].

Quemaduras

Cubrirse todas las partes del cuerpo antes de iniciar la soldadura. Esto es usar la pantalla de protección, mandil, casaca de cuero, guantes, mangas, polainas, botas, etc.

Usar la protección colectiva de pantalla de soldadura para reducir el riesgo de proyección de partículas incandescentes al resto de trabajadores.

No llevar elementos inflamables durante la operación de soldadura (mechero, pintura, etc.).

Utilizar ropa adecuada, es decir, que no sea sintética, con bolsillos con tapa, puños cerrados.

Utilizar preferiblemente calzado de seguridad sin cordura, en su defecto usar polainas.

3.4 Soldadura GMAW (MIG & MAG)

3.5.1 Introducción

La soldadura GMAW (en inglés, gas metal arc welding) se caracteriza por el uso de un electrodo consumible desnudo en forma de hilo alimentado de forma continua (se comercializa en forma de rollo), mientras que el gas inerte (MIG) o activo (MAG) protege el charco de soldadura de los contaminantes que se transmiten por el aire, principalmente el oxígeno. Se puede soldar en todas las posiciones. Forma pocos gases contaminantes. Proporciona soldaduras de alta calidad y 3 veces más rápidas que en SMAW. Se puede soldar todo tipo de metales mediante este proceso. No se necesita mucha pericia para realizar buenos cordones. Su aplicación al aire libre es limitada, pues las corrientes de aire pueden desplazar el gas de protección. Se podría decir que éste proceso es una mezcla entre GTAW y SMAW.



Figura 3.37 Soldadura GMAW (Fuente: fbrmuntatges.com)

3.5.2 Equipos de trabajo, herramientas y materiales

3.5.2.1 Equipos de trabajo

Fuente de alimentación:

Ver punto 3.2.2.1

Pistola:

Instrumento formado por una pistola y una manguera que tiene la misión de conducir la corriente, el hilo de soldadura y el gas inerte de protección hasta la zona a soldar. El hilo es alimentado de forma continua. El gas de protección es conducido desde la bombona hasta la pistola mediante una manguera, llega hasta una cabeza metálica que dirige el chorro protegiendo la soldadura. Se acciona a través de un gatillo.



Figura 3.38 Pistola GMAW (Fuente: thefabricator.com)

Pinza de masa:

Ver punto 3.2.2.1.

Bombona de gas inerte:

Ver punto 3.2.2.1.

Amoladora:

Ver 3.1.2.1

3.5.2.2 Herramientas

Presillas:

Ver 3.1.2.2.

Mordaza de banco:

Ver 3.1.2.2.

3.5.2.3 Materiales

Hilo de aporte:

Hilo enrollado formado por el metal de aporte (o aleación) que se alimenta de forma continua en el proceso de soldadura. Se clasifican según su diámetro, su aleación y su longitud.



Figura 3.39 Hilo de alimentación GMAW (Fuente: Codesol)

3.5.3 Descripción del proceso

A la hora de realizar una soldadura mediante el proceso GMAW debemos seguir unas pautas tanto para la seguridad de los trabajadores como para la calidad de la soldadura.

En primer lugar debemos comprobar el estado del equipo de soldadura. Esto es lo que tenemos que revisar:

- Los EPI's necesarios y su correcto estado (ver 3.2.5)
- Que el nivel y presión de gas inerte de soldadura en la bombona es correcto.
- El estado de las válvulas de la bombona.
- Que los latiguillos de gas y las abrazaderas estén en buen estado y no tengan fugas.
- El estado visual del equipo de soldadura.
- Los potenciómetros del equipo funcionen correctamente.
- El aislante del cable de alimentación y los cables del conector no estén sueltos.
- En caso de utilizar un alargador enrollado, comprobar el estado del aislante y desenrollarlo del todo a la hora de soldar (ya que puede hacer bobina).
- El estado de la pistola y de su cable.
- El estado de la pinza de masa y su cable.
- El estado de la amoladora, que el disco esté bien apretado, el funcionamiento y sus sistemas de seguridad.
- Que la zona de trabajo sea segura.
- La correcta preparación y sujeción de las piezas a soldar.

Una vez realizado estos pasos, el operario se pondrá los guantes con protección a los cortes y las gafas o pantalla contra la proyección de partículas. Se dispondrá a preparar las piezas para soldar, esto es preparar la zona de unión y retirar restos de pintura si hubiese con la amoladora. Una vez preparada sujetará las piezas de forma firme con unas presillas o cualquier otro elemento de sujeción. Aunque en la práctica para piezas pequeñas la sujeción se suele hacer aplicando un par de puntos de soldaduras a extremos de la sección a unir, en caso de realizar esta sujeción utilizar los EPI's propios de la operación de soldadura (ver 3.2.5).



Figura 3.40 Mascarilla de protección contra humos de soldadura (Fuente: lubeseuridad.com.ar)

Luego conectamos el cable de masa, el latiguillo de la bombona de gas inerte y el cable de antorcha con todas sus conexiones al equipo de soldadura. Es importante para la calidad de soldadura la polaridad de la corriente. Luego conectaremos a la red eléctrica con el equipo de soldador en posición “OFF” el cable de alimentación. Por último abriremos la llave de la bombona de gas inerte. Abriremos y cerraremos la válvula rápidamente para limpiar cualquier residuo.



Figura 3.41 Equipo completo GMAW (Fuente: institutoasteco.com)

Finalmente nos colocaremos los EPI's necesario para el proceso de soldadura propiamente dicho incluido en este paso ajustar la pantalla en caso de ser electrónica (ver Anexo 4), colocamos la pinza de masa en la pieza lo más cerca posible de la zona a unir. Con la pistola en una mano, ponemos el equipo de soldadura en la posición “ON” y configuramos el amperaje y la corriente. Lo bueno que tienen las antorchas GMAW es que poseen una especie de gatillo que hasta que no es accionado no abre el paso a la corriente ni inyecta el gas inerte. Una vez configurado el equipo y colocados los EPI's el operario procederá a realizar la soldadura.

Al terminar el cordón o puntos de soldadura en GMAW no se produce cascarilla y si el soldador es hábil no se necesitará realizar ningún tipo de desbaste. No obstante una vez realizado el trabajo se recomienda dejar enfriar la pieza y en caso de tener que manipularla utilizar los EPI's adecuados en el proceso de acabado.

Ver normas específicas de seguridad para la soldadura con arco eléctrico al final del punto 3.2.3.

Explosión	X					X	MODERADO
Quemaduras		X		X			TOLERABLE
Deficiencia en materia de evacuación							No aplica
Accidentes causados por seres vivos							No aplica
Robo							No aplica
Accidente in itinere							No aplica
Agravamiento de riesgos							No aplica
Otros							No aplica

Tabla 3.4 Evaluación de riesgos GMAW

3.4.5 Medidas preventivas

Deficiencias en el centro o equipos de trabajo

Revisar los equipos de trabajo antes de realizar las soldaduras.

Comprobar el estado del centro de trabajo. Orden y limpieza.

Caída de personas a distinto nivel

Utilización de equipos de trabajo adecuados (plataformas, andamios, etc.)

Uso de equipos de protección colectivas (barandillas, redes, etc.)

Empleo de arnés/cinturón anti caídas, así como cable de vida.

Caída de personas al mismo nivel

Orden y limpieza. Limpiar polvo y residuos en las zonas de trabajo/tránsito.

Mantener libres las zonas de paso/trabajo.

Eliminar restos de aceites mediante sepiolita.

Utilizar calzado con suela antideslizante.

Caída de objetos por manipulación

Utilizar calzado de seguridad con puntera de acero.

Soldar sobre bases sólidas y estables.

Las botellas de gas han de estar en posición vertical y sujetas mediante zinchas o cadenas.

La correcta fijación de las piezas a soldar.

Pisadas sobre objetos

Orden y limpieza.

Disponer de contenedores, gavetas para materiales, residuos y restos.

Calzado de seguridad con plantilla anti perforación.

Choque contra objetos inmóviles

Orden y limpieza.

Adecuado almacenamiento de materiales (barras, perfiles, cuadradillos) y señalización.

Golpes/cortes por objetos o herramientas

Utilizar equipos de trabajo con marcado CE.

No puentear las seguridades de los equipos de trabajo.

Comprobar que los carenados/resguardos de protección están disponibles y en buen estado.

Utilizar guantes con resistencia mecánica al corte.

No utilizar máquinas sin protecciones.

Proyección de fragmentos o partículas

No utilizar aire comprimido para quitar el polvo de la ropa o de las piezas.

Utilizar gafas o pantalla de protección facial contra la proyección de partículas.

Colocar pantallas en caso de que exista el riesgo de que las partículas lleguen a terceros o en su defecto alejar al personal.

No utilizar máquinas sin protecciones.

Atrapamiento por o entre objetos

Prohibido el uso de prendas y objetos que puedan quedar atrapados en partes móviles. Prohibido el uso de pulseras, anillos, colgantes, pelo suelto, ropa holgada (los puños deben de ser cerrados).

No utilizar máquinas sin protecciones.

Contactos eléctricos

Usar herramientas y equipos con el marcado de conformidad CE. Con aislamiento suficiente para trabajar.

Seguir las instrucciones de los fabricantes.

Comprobar las conexiones eléctricas y hacerle el mantenimiento periódico.

Manipular los aparatos con las manos o guantes secos.

Colocar la pinza de masa lo más próximo a la zona de soldadura.

En caso de que un equipo esté en mal estado no utilizarlo. Informar al superior inmediato y precintar.

Comprobar el estado de los diferenciales de la instalación. Pulsar el botón test periódicamente.

En caso de que el equipo tenga toma de tierra, conectar siempre en enchufes con toma de tierra. No hacer conexiones inseguras.

Utilizar calzado de seguridad con suela aislante.

Incendios

Disponer de medios de extinción en las zonas donde se realicen las soldaduras (extintores de dióxido de carbono o polvo polivalente ABC).

Alejar los materiales inflamables de la zona de soldadura (pinturas, aceites, grasas, aerosoles, etc.).

Controlar que la propagación de chispas y partículas incandescentes alcancen materiales inflamables (colocar pantallas si es preciso).

Almacenar adecuadamente los materiales inflamables y gases.

Formar e informar a los trabajadores sobre actuaciones en caso de incendio.

Riesgo químico

Usar extracción local (brazos orientables, aspiración acoplada al útil, mesa con aspiración descendente)

Evitar las campanas de bóvedas o de techo pues hace que el soldador inhale una mayor cantidad de humos y gases [4].

Ventilación adecuada (evitando que los humos pasen por las vías respiratorias del soldador.

Utilizar mascarillas filtrantes de gases de soldadura.

Establecer procedimientos de trabajos en caso de realizarlos en espacios confinados.

Ver la ficha de seguridad de los materiales utilizados (gases inertes, electrodos)

Evitar el soldeo de piezas desengrasadas con productos clorados sin antes haber limpiado en profundidad (de lo contrario puede formarse fosgeno) [4].

Ruido

Limitar el tiempo de exposición

Uso de protección auditiva adecuada y con marcado CE.

Señalizar las zonas en las que se obligatorio el uso de protección auditiva.

Minimizar la emisión de ruido hacia los demás trabajadores, con pantallas o realizando las soldaduras en una zona delimitada físicamente.

Vibraciones

Consultar la vibración de la amoladora en el manual de instrucciones y limitar su uso en función del tiempo (Vibraciones del tipo mano-brazo generadas por la amoladora en el proceso de preparación y acabado de superficies).

Deficiencias de iluminación

Mantener un nivel mínimo de iluminación de 300 lux en los puestos de soldadura [4].

Discomfort térmico

Beber abundante agua y realizar rotaciones (dada la naturaleza del proceso y de los EPI's es un aspecto a tener muy en cuenta.

Ventilar la zona con frecuencia.

Exposición a agentes físicos: radiaciones no ionizantes

Usar la protección colectiva de pantallas de soldadura (o cortinas) en caso de no realizarse en una zona aislada, pues la soldadura eléctrica por arco emite gran cantidad de rayos UVA, UVB y UVC.

Proteger toda las partes del cuerpo con guantes, mascara y ropa apropiada. No exponer zonas desnudas de la piel a la radiación

Usar pantalla de soldadura facial (con marcado CE) con el filtro protector adecuado a la potencia de la soldadura.

Minimizar los reflejos procedentes de la soldadura (es recomendable que los materiales de los alrededores del puesto sean mates y de color oscuro) [4].

Carga física: posición

Realizar cambios frecuentes de la postura adoptada.

Carga física: sobreesfuerzos

Informar y formar a los trabajadores de la correcta higiene postural.

Carga física: manejo de cargas

Utilizar medios mecánicos para las cargas pesadas (Máximo 25 kg)

Solicitar la ayuda de los compañeros para el manejo de cargas voluminosas/pesadas.

Formar e informar a los trabajadores en materia de Manipulación Manual de Cargas.

Explosión

Separar los materiales inflamables de los focos de ignición.

Alejar los materiales inflamables de la zona de soldadura (pinturas, aceites, grasas, aerosoles, etc.).

Controlar que la propagación de chispas y partículas incandescentes alcancen materiales inflamables (colocar pantallas si es preciso).

Almacenar adecuadamente los materiales inflamables y gases.

Establecer procedimientos de trabajo e implantar un sistema de permisos de trabajo si se realizan trabajos de soldadura en el interior de recipientes que hayan contenido productos inflamables, en espacios confinados, con riesgo de explosión, etc. [4].

No conectar la pinza de masa a canalizaciones o depósitos.

Limpiar con agua caliente y desgrasificar con vapor de agua, por ejemplo, los recipientes que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables antes de trabajar en ellos. Además comprobar con la ayuda de un medidor de atmosferas peligrosas la ausencia total de gases [4].

Realizar las revisiones/inspecciones establecidas en el Reglamento de Aparatos a Presión para los calderines de los compresores. Efectuar un mantenimiento periódico de dichos equipos [4].

Quemaduras

Cubrirse todas las partes del cuerpo antes de iniciar la soldadura. Esto es usar la pantalla de protección, mandil, guantes, mangas, polainas, botas, etc.

Usar la protección colectiva de pantalla de soldadura para reducir el riesgo de proyección de partículas incandescentes al resto de trabajadores.

No llevar elementos inflamables durante la operación de soldadura (mechero, pintura, etc.).

Utilizar ropa adecuada, es decir, que no sea sintética, con bolsillos con tapa, puños cerrados.

Utilizar preferiblemente calzado de seguridad sin cordura, en su defecto usar polainas.

Conclusiones y recomendaciones

Observamos que la soldadura entraña más peligros de los que creíamos, no solo por las altas temperaturas que se alcanzan llegando a fundir el metal en breves segundos, sino también por las altas corrientes con las que hay que formar el arco, por la proyección de partículas incandescentes, por las emisiones tan potentes de radiaciones no ionizantes que abarcan todo el espectro de las ultravioletas y lo más peligroso desde mi punto de vista los humos de soldadura que se producen, ya que estos humos albergan metales pesados que una vez entran en nuestro cuerpo no vuelven a salir.

Mi recomendación tanto para empresarios como para trabajadores es que con una simple careta y unos guantes no estamos suficientemente protegidos, y que si se sigue con una protección tan escasa en unos años veremos los efectos de estos humos en nuestra salud.

Lista de referencias bibliográficas

- [1] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, Quinta ed., New Jersey: Prentice Hall, 2008.
- [2] INSEMAC, «INSEMAC TOOLS,» 8 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.insemactools.es/blog/index.php/2016/09/08/que-es-una-amoladora-y-para-que-sirve/>.
- [3] N. Urrejo Ospina, «Soldadura y corte oxiacetilénico,» 2010.
- [4] J. M. Tamborero del Pino, «NTP 495: Soldadura oxiacetilénica y oxicorte: normas de seguridad,» Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1998, p. 11.
- [5] C. d. E. y. E. Junta de Extremadura, «Guía de prevención de riesgos en trabajos de soldadura,» p. 24.
- [6] WikiHow, «[https://es.wikihow.com,](https://es.wikihow.com)» [En línea]. Available: <https://es.wikihow.com/soldar-con-TIG>.
- [7] L. Jeffus, Manual de Soldadura GTAW (TIG), S.A. EDICIONES PARANINFO, 2008.
- [8] J. M. Tamborero del Pino, «NTP 494: Soldadura eléctrica al arco: Normas de seguridad,» Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1998, p. 10.
- [9] J. C. Moreno, «[www.josecarlosmoreno.com,](http://www.josecarlosmoreno.com)» 2 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.josecarlosmoreno.com/single-post/2016/10/02/Electrodos-de-tungsteno-para-soldadura-TIG-GTAW>.
- [10] J. M. Rojas Labiano, El soldador y los humos de soldadura, Barakaldo: OSALAN. Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, 2009.

[11] I. N. d. S. y. S. e. e. T. (INSST), Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2019., Madrid, 2019.

Anexos

Anexo 1: Elección del filtro de la pantalla de soldadura

Fuente: Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral. Universidad Politécnica de Valencia. https://www.sprl.upv.es/IOP_RF_06.htm

CAUDAL DEL ACETILENO EN LITROS / HORA	Nº DEL CRISTAL
INFERIOR A 40	TONO 4
INFERIOR A 40	TONO 5
DE 40 A 70	TONO 6
DE 70 A 200	TONO 7
DE 200 A 800	TONO 8
SUPERIOR A 800	TONO 9

Tabla 0.1 Filtro de pantalla OAW

INTENSIDAD DE LA CORRIENTE EN AMPERIOS	CORTE AL PLASMA	ELECTRODOS ENVUELTOS	MIG SOBRE METALES PESADOS	MIG SOBRE ALEACIONES LIGERAS	TIG TODOS LOS METALES	MAG	CON ARCO/ AIRE LABRADO	SOLDADURA AL PLASMA
0,25								TONO 2,5
0,5								TONO 3
0,75								TONO 4
1								TONO 5
2,5								TONO 6
5								TONO 7
10								TONO 8
15								TONO 9
20		TONO 8						
30								TONO 10
40		TONO 9						TONO 11
60								TONO 11
80		TONO 10						TONO 11
100	TONO 11							TONO 12
125		TONO 11						TONO 12
150								TONO 12
175								TONO 13
200								TONO 13
225	TONO 12							TONO 13
250		TONO 12						TONO 13
275								TONO 14
300								TONO 14
350	TONO 13							TONO 14
400								TONO 14
450		TONO 13						TONO 14
500								TONO 15
525		TONO 14	TONO 14	TONO 15				TONO 15

Tabla 0.2 Filtro de pantalla soldadura con arco o plasma

Anexo 2: Electrodo para soldadura por arco

Electrodos no consumibles de Tungsteno

El uso del Tungsteno como electrodo no consumible para la soldadura, es debido a que es el metal con mayor punto de fusión siendo éste 3410 °C. Existe una gran variedad en el mercado en función del diámetro y de su composición (catalogado en colores). Antiguamente se usaban electrodos de Tungsteno toriados, es decir, con Torio en su composición. Actualmente está prohibida su distribución y venta, debido a que hay riesgo de radiación.

Durante décadas los fabricantes de Tungstenos han alterado la composición de estos para obtener mejores resultados al utilizarlos en la soldadura TIG contaminándolos con distintos óxidos. Mediante estas aleaciones se obtuvieron mejoras en el encendido del arco, la estabilidad del arco y disminución de la erosión de la punta [4].

Aleación	AWS	ISO	Cantidad de Oxido
2% Thorio	EWTh-2	WT20	1.7-2.2% ThO ₂
2% Cerio	EWCe-2	WC20	1.8-2.2% CeO ₂
1½% Lanthanio	EWLa-1.5	WL20	1.3-1.7% La ₂ O ₃
1% Lanthanio	EWLa-1	WL10	0.8-1.2% La ₂ O ₃
Zirconio	EWZr-1	WZ3	0.15-0.40% ZrO ₂
Puro	EWP	W	Ninguno

Tabla 0.3 Aleaciones y clasificaciones de electrodo de Tungsteno según AWS e ISO (Fuente: josecarlosmoreno.com)



Figura 0.1 Electrodo de tungsteno comerciales (Fuente: IndiaMart.com)

El Torio es un material emisor de rayos Alfa lo que lo hace peligroso, el electrodo en si no es peligroso a la manipulación ya que el Torio se encuentra contenido en la estructura matricial del Tungsteno lo cual minimiza las emisiones radioactivas. El problema surge principalmente al momento de afilarlo e inhalar el polvo generado en este proceso. La AWS (sociedad americana de soldadura), indica: “El Torio es un material de baja radioactividad y presenta riesgos a la exposición externa e interna. Durante el afilado de la punta se genera polvo radioactiva, con el consiguiente riesgo de exposición interna” Consecuentemente, es necesario utilizar sistemas de ventilación para controlar este polvo y su fuente de emisión, complementado si es necesario con equipo de protección respiratoria. Otras asociaciones también se expresan sobre este asunto. La TWI (instituto de soldadura, versión inglesa de la AWS): El Torio es ligeramente radioactivo con una larga vida media y emite principalmente partículas Alfa, ocasionalmente emite radiaciones Beta y Gamma. Las partículas Alfa no penetran la piel, sin embargo son perjudiciales si son ingeridas o dentro de los pulmones, donde actúan como cancerígenos. El óxido de Torio es por lo tanto un material radioactivo de bajo nivel el cual puede dar lugar tanto a un pequeño riesgo externo como a uno interno por inhalación o ingestión. El riesgo externo para un soldador que sostiene un electrodo durante un año es una fracción muy baja de la dosis máxima de radiación permitida y se concluye que el riesgo de radiación externa es insignificante. El polvo de partículas es el que crea el mayor riesgo, estas pueden ser inhaladas y el Torio puede liberar partículas Alfa de su superficie. Es por este riesgo que la migración a nuevas aleaciones es cada vez mayor [4].

Electrodos consumibles.

Los electrodos para procesos de soldadura por arco consumibles se clasifican en función del material de aporte, de su longitud (entre 150 y 460 mm), su diámetro (entre 1,5 y 8 mm) y el tipo de recubrimiento.

En cuanto al recubrimiento los hay de varios tipos:

- Acido: compuesto de sílice amorfa
- Rutilo: oxido de titanio
- Básico: compuesto por fluoruros.
- Celulósico: monóxido y dióxido de carbono
- Grafito cobreado: oxido de cobre, monóxido y dióxido de carbono.
- Otros especiales: óxidos de cobre, zinc, plomo, níquel y cromo.

Anexo 3: Evaluación de riesgos INSHT

El INSHT nos ofrece un método simplificado para estimar los niveles de riesgo de acuerdo a su probabilidad estimadas y a sus consecuencias esperadas.

Niveles de riesgo

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Tabla 0.4 Niveles de riesgo (Fuente: INSHT)

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado esta asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante (I)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

Tabla 0.5 Valoración de los riesgos (Fuente: INSHT)

Los niveles de riesgos indicados en la tabla, forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones. En la siguiente tabla se muestra un criterio sugerido como punto de partida para la toma de decisión. La tabla también indica que los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control, deben ser proporcionales al riesgo.

El INHST también nos califica los riesgos en función de su origen.

d) Número y Tipo de Riesgo:

Nº	TIPO DE RIESGO
00.	Deficiencias en el centro o equipos de trabajo
01.	Caída de personas a distinto nivel
02.	Caída de personas al mismo nivel
03.	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
04.	Caída de objetos por manipulación
05.	Caída de objetos desprendidos
06.	Pisadas sobre objetos
07.	Choque contra objetos inmóviles
08.	Choques contra objetos móviles
09.	Golpes/cortes por objetos o herramientas
10.	Proyección de fragmentos o partículas
11.	Atrapamientos por o entre objetos
12.	Atrapamientos por vuelco de máquinas o vehículos
13.	Contactos eléctricos
14.	Incendios
15.	Riesgo químico
16.	Atropellos o golpes con vehículos
17.	Exposición a contaminantes biológicos

Tabla 0.6 Clasificación de los riesgos (Fuente: INSHT)

Nº	TIPO DE RIESGO
18.	Ruido
19.	Vibraciones
20.	Deficiencias de Iluminación
21.	Disconfort térmico
22.	Exposición a agentes físicos: Radiaciones Ionizantes
23.	Exposición a agentes físicos: Radiaciones no Ionizantes
24.	Trabajo con Pantallas de Visualización de datos
25.	Carga física: Posición
26.	Carga física: Desplazamiento
27.	Carga física: Sobreesfuerzos
28.	Carga física: manejo de cargas
29.	Carga mental
30.	Insatisfacción laboral
31.	Explosión
32.	Quemaduras
33.	Deficiencias en materia de evacuación
34.	Accidentes causados por seres vivos
35.	Robo
36.	Accidente in itinere
37.	Agravamiento de riesgos
38.	Otros

Tabla 0.7 Clasificación de los riesgos 2 (Fuente: INSHT)

Anexo 4: Equipos de Protección Individual

Se define Equipo de Protección Individual (EPI) como "Cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin". (R.D. 773 / 1997 Art. 2)

Protectores de la cabeza

Casco de seguridad cuando el trabajo así lo requiera. Tiene que cumplir con la norma EN 397.



Figura 0.2 Casco de protección (Fuente: equipodeproteccionindividual.com)

Se recomienda el uso de un gorro de material ignífugo cuando el trabajo no requiera el uso de casco.

Protección del pie

Calzado de seguridad que cumpla la normativa UNE-EN ISO 20349:2011. Sin corduras o con ellas protegidas.



Figura 0.3 Bota de seguridad soldadura (Fuente: directindustry.es)

En caso de usar calzado de seguridad con cordura y puntera reforzada (UNE-EN 20345:2012), se deberán usar polainas que cumplan la norma EN ISO 11611.



Figura 0.4 Polainas (Fuente: suministroslaborales.com)

Protección ocular o facial

Gafas o pantallas contra la proyección de partículas. Usadas en la fase de preparación de superficies y de acabado de superficies. Tiene que cumplir con la norma UNE-EN 166:2002.



Figura 0.5 Gafas contra la proyección de partículas (Fuente: equipodeproteccionindividual.com)

Careta de soldadura contra proyecciones y emisiones ultra violetas. Existen de dos tipos las fijas y las automáticas. Las fijas tienen una protección total, ya que las automáticas una vez detectan el arco aplica el filtro con un pequeño retardo. La ventaja de las automáticas que te permiten ver a través de ellas antes de iniciar el arco. Con la careta fija corremos el riesgo de respirar más humos. Han de cumplir con la norma UNE-EN 175:1997.



Figura 0.6 Careta de soldar automática (Fuente: epi.tienda)



Figura 0.7 Careta de soldar fija (Fuente: manomano.es)

Protección respiratoria

Debido a que los humos de soldadura son muy perjudiciales para el organismo se deberán usar mascarillas respiratorias con protección mínima FFP2. Existen de dos tipos las reutilizables (se cambia el filtro periódicamente) y las desechables.



Figura 0.8 Mascarilla reutilizable (Fuente: 3M)



Figura 0.9 Mascarilla desechable (Fuente: 3M)

Este tipo de mascarillas filtran los diferentes compuestos de los humos metálicos hasta saturarse, pero otros como el Ozono o el monóxido de carbono no existe a día de hoy tecnología en forma de filtro que actúen contra ellos. Por ello otro tipo de protección respiratoria más segura y más cara son los equipos de respiración autónoma (botella de oxígeno) o los equipos de respiración semiautónomos (el aire que respiramos viene del exterior a través de una canalización). Los autónomos los hay de dos tipos de circuito abierto (el oxígeno una vez respirado va hacia el exterior) y de circuito cerrado (el oxígeno vuelve a la botella para ser regenerado).



Figura 0.10 Equipo de respiración semiautonomo (Fuente: 3M)

Protección del oído

Generalmente los procesos de soldadura no son ruidosos como para que sea obligatorio el uso de protección auditiva, salvo la soldadura por Plasma que si puede llegar a serlo. Pero en las operaciones de preparado de superficies y acabado la amoladora puede llegar a esos niveles de ruido.



Figura 0.11 Tapones para los oídos (Fuente: 3M)

Protección del tronco, los brazos y las manos

Las protecciones individuales para el tronco (mandil, casaca), brazos (manguitos) y las manos (guantes) tienen que cumplir con la norma EN ISO 11611. Generalmente son fabricados en cuero con la costura en su interior.



Figura 0.12 Casaca de cuero (Fuente: epplima.com)



Figura 0.13 Guantes y manguitos para soldar (Fuente: Amazon)



Figura 0.14 Mandil de soldador (Fuente: epiplus.es)

Anexo 5: Equipos de protección colectiva

Protección colectiva es aquella técnica de seguridad cuyo objetivo es la protección simultánea de varios trabajadores expuestos a un determinado riesgo.

Protección contra radiaciones no ionizantes.

Las cortinas de soldadura están diseñadas para su uso en lugares de trabajo donde los espectadores deben estar protegidos contra la radiación peligrosa (UVA, UVB, UVC) emitida durante los trabajos de soldadura. Han de ser conformes con la norma europea EN-1598.



Figura 0.15 Cortina de soldadura (Fuente: galagar.com)

Protección contra humos de soldadura

La campana móvil es un sistema de aspiración mediante conductos flexibles. Hace circular el aire sobre la zona de soldadura a una velocidad de al menos 0,5 m/s. Es muy importante situar el conducto lo más cerca posible de la zona de trabajo (Fig. 5). Sistema de extracción por campana móvil [8].

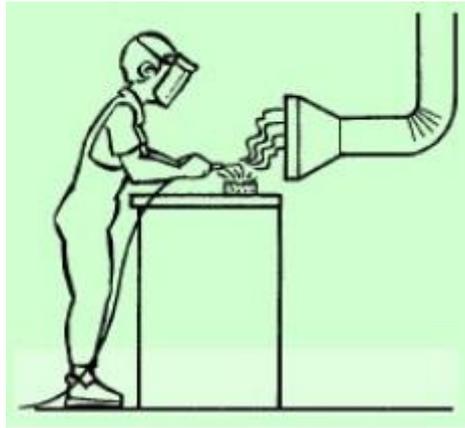


Figura 0.16 Campana móvil (Fuente: INHST)

Mesa con aspiración descendente consiste en una mesa con una parrilla en la parte superior. El aire es aspirado hacia abajo a través de la parrilla hacia el conducto de evacuación. La velocidad del aire debe ser suficiente para que los vapores y los gases no contaminen el aire respirado. Las piezas no deben ser demasiado grandes para no cubrir completamente el conducto e impedir el efecto de extracción [8].

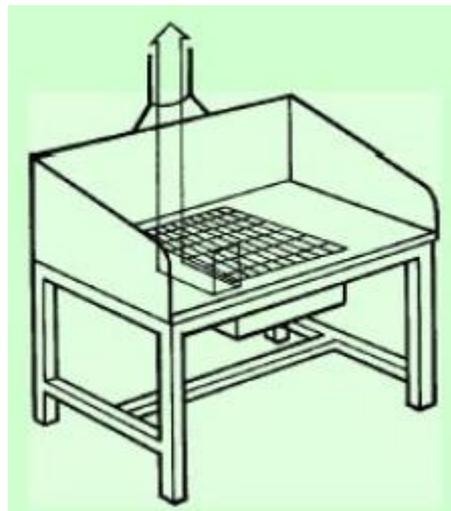


Figura 0.17 Mesa con aspiración descendente (Fuente: INHST)

Recinto acotado consiste en una estructura con techo y dos lados que acotan el lugar donde se ejecutan las operaciones de soldadura. El aire fresco llega constantemente al recinto. Este sistema hace circular el aire a una velocidad mínima de 0,5 m/s [8].

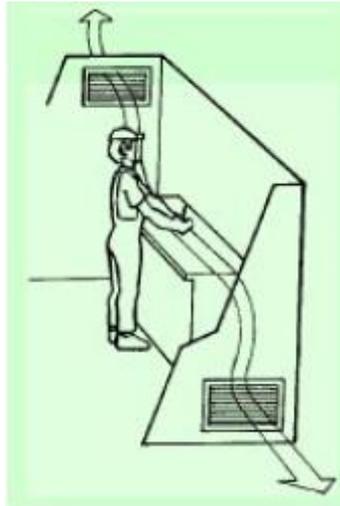


Figura 0.18 Recinto acotado (Fuente: INHST)

Extracción mediante conductos: los conductos de extracción constan de una entrada de gas inerte que circula por un tubo hacia la zona de soldadura y luego junto con los vapores y gases es conducido por un tubo de salida hacia la cámara de extracción y después al sistema de evacuación [8].



Figura 0.19 Extractor de conducto acoplado a pistola GMAW (Fuente: binzel.com.mx)

Anexo 6: Enfermedades profesionales asociadas a la soldadura

Enfermedades profesionales asociadas a trabajos de soldadura según el Real Decreto 1299/2006, de 10 de Noviembre. Éste Real Decreto clasifica las enfermedades profesionales por grupos en función de la causa que lo produce:

- Grupo 1: Enfermedades profesionales causadas por agentes químicos.
- Grupo 2: Enfermedades profesionales causadas por agentes físicos.
- Grupo 3: Enfermedades profesionales causadas por agentes biológicos.
- Grupo 4: Enfermedades profesionales causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados.
- Grupo 5: Enfermedades profesionales de la piel causadas por sustancias y agentes no comprendidos en alguno de los otros apartados.
- Grupo 6: Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos.

Grupo	Agente	Sub-agente	Actividad	Código	Enfermedad
1	A	03	06	1A0306	Cadmio y sus compuestos
1	A	04	13	1A0413	Cromo trivalente y sus compuestos
1	A	06	06	1A0606	Manganeso y sus compuestos
1	A	06	15	1A0615	Manganeso y sus compuestos
1	A	08	09	1A0809	Níquel y sus compuestos
1	A	09	02	1A0902	Plomo y sus compuestos
1	B	01	03	1B0103	Antimonio y sus derivados
1	C	03	05	1C0305	Flúor y sus compuestos
1	G	01	11	1G0111	Aldehídos
1	T	01	04	1T0104	Óxidos de Carbono
1	T	02	06	1T0206	Oxícloruro de carbono
1	T	03	01	1T0301	Óxidos de nitrógeno
2	F	02	01	2F0201	Síndrome del túnel carpiano por compresión del nervio mediano en la muñeca
2	J	01	01	2J0101	Enfermedades oftalmológicas a consecuencia de exposiciones a radiaciones ultravioletas
4	I	01	26	4I0126	Rinoconjuntivitis
4	I	02	26	4I0226	Urticarias, angioedemas
4	I	03	26	4I0326	Asma
4	I	04	26	4I0426	Alveolitis alérgica extrínseca (o neumonitis de hipersensibilidad)
4	I	05	26	4I0526	Síndrome de disfunción de la vía reactiva
4	I	06	26	4I0626	Fibrosis intersticial difusa.

4	I	07	26	4I0726	Fiebre de los metales y de otras sustancias de bajo peso molecular
4	I	08	26	4I0826	Neumopatía intersticial difusa
5	A	01	25	5A0125	Sustancias de bajo peso molecular por debajo de los 1000 daltons
6	G	01	06	6G0106	Neoplasia maligna de bronquio, pulmón y próstata (Cadmio)
6	I	01	13	6I0113	Neoplasia maligna de cavidad nasal (Cromo)
6	I	02	13	6I0213	Neoplasia maligna de bronquio y pulmón (Cromo)
6	K	01	08	6K0108	Neoplasia maligna de cavidad nasal (Níquel)
6	K	02	08	6K0208	Cáncer primitivo de etmoides y de los senos de la cara (Níquel)
6	K	03	08	6K0308	Neoplasia maligna de bronquio y pulmón (Níquel)

Anexo 7: Patologías debidas a los humos de soldadura

Esta información ha sido extraída del documento de OSALAN, “El soldador y los humos de soldadura” [10].

La inhalación de humos de soldadura puede ocasionar daños para la salud. Los órganos afectados y la gravedad de las lesiones dependen de los contaminantes presentes en los humos y de la cantidad inhalada.

Cada contaminante tiene asignada una concentración máxima en el aire, conocida como Valor Límite Ambiental (VLA), (Ver anexo 8) por debajo del cual se considera que en base a los conocimientos actuales sobre su toxicidad, la mayoría de los trabajadores expuestos durante toda su vida laboral, no sufrirán trastornos en su salud. En la medida que se superen estos límites aumentarán las probabilidades de que los daños se manifiesten.

Para algunos de los contaminantes que pueden estar presentes en los humos de soldadura, tales como el cromo, el cadmio, los fluoruros y el monóxido de carbono, se dispone también de Valores Límites Biológicos (VLB), por lo que mediante análisis de sangre, orina o aire exhalado, pueden obtenerse datos de la exposición complementarios a los muestreos ambientales.

Para ofrecer una visión general los clasificaremos en: efectos agudos, sensibilizantes, cancerígenos y teratógenos (pueden perjudicar el desarrollo del feto durante el embarazo).

Efectos agudos

Se entiende como efectos agudos aquellos que sobrevienen por exposiciones a altas concentraciones de contaminantes, muy superiores a los Valores Límites Ambientales, durante cortos periodos de tiempo, que en el caso de los trabajos de soldadura podrían llegar a ser de una jornada laboral. Estos daños se corresponden con el concepto de “accidentes de trabajo” y los más comunes son:

- Irritación del tracto respiratorio: Algunos metales como el berilio, cadmio, cobre, cromo y níquel irritan los tejidos, lo que puede dar origen a inflamaciones pulmonares (neumonitis) y acumulaciones de líquidos (edemas) de distinta gravedad según el metal y la severidad de la exposición. Ciertos gases y vapores tales como los ácidos clorhídrico y fluorhídrico, la acroleína, el ozono, el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el fosgeno, provocan la irritación de las mucosas de las vías respiratorias y

del tejido pulmonar, y dependiendo de su concentración y del tiempo de exposición, pueden ocasionar desde leves irritaciones pasajeras hasta, en casos especialmente desfavorables, la muerte por edema pulmonar. En el caso de las cuatro primeras sustancias su acción irritante inmediata sobre ojos, nariz y garganta puede servir de alerta al soldador, por el contrario en el caso de las otras dos y en el de los metales anteriores, su inhalación puede pasar desapercibida no apareciendo los síntomas de la intoxicación hasta 24 horas después de la exposición.

- Asfixia química: El monóxido de carbono (CO) y el monóxido de nitrógeno (NO) actúan sobre los glóbulos rojos de la sangre modificando su composición de forma que su función de oxigenación de los tejidos queda disminuida temporalmente, lo que provoca dolores de cabeza, aturdimiento y malestar crecientes conforme aumenta la dosis inhalada. En condiciones extremadamente desfavorables, como podría ser trabajando en el interior de espacios confinados sin la ventilación adecuada, podría llegarse a la inconsciencia e incluso a la muerte por asfixia química.
- Fiebre de los metales: Los humos metálicos, fundamentalmente los del zinc, pueden provocar la llamada “fiebre de los metales” caracterizada por fuertes temblores y otros síntomas similares a los de la gripe que se presentan durante la noche posterior a la exposición, y que normalmente remiten posteriormente sin dejar secuelas.

Efectos sensibilizantes

Se dice que una sustancia es sensibilizante cuando después de exposiciones a ella, más o menos prolongadas o intensas, se origina una hipersensibilidad hacia la misma, de forma que posteriores mínimas exposiciones desencadenan reacciones fisiológicas adversas características, muy superiores a las que en principio cabría esperar.

Los humos de soldadura, dependiendo de las características del proceso seguido, pueden contener algunas de estas sustancias sensibilizantes capaces de actuar fundamentalmente sobre el sistema respiratorio, siendo el asma su efecto más común.

Efectos cancerígenos

En los humos de soldadura, dependiendo de los procesos, pueden estar presentes sustancias potencialmente cancerígenas.

Los conocimientos actuales no permiten definir con suficiente certeza el carácter cancerígeno de los humos de soldadura en general, por ello el I.A.R.C. (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer) los clasifica en el grupo 2B, correspondiente a los agentes “posibles cancerígenos para los humanos”. Sí hay estudios epidemiológicos que indican que los cánceres bronco pulmonares se dan con mayor incidencia entre los soldadores que entre la población general, en una relación de 14 a 10, aunque sin llegar a distinciones entre los diferentes procesos de soldadura.

Un agente cancerígeno a tener muy en cuenta es el amianto, al cual los soldadores pueden estar expuestos en trabajos de soldadura y oxicorte en operaciones de mantenimiento y desguace de equipos calorifugados con este material, tales como tuberías, hornos, calderas, barcos, vagones etc. durante los cuales se desprenden fibras de amianto con demostrada capacidad para provocar mesoteliomas pleurales y otros tipos de cánceres pulmonares.

Efectos teratógenos

Se consideran sustancias teratógenas aquellas que pueden perjudicar el desarrollo del feto durante el embarazo. En los humos de soldadura tienen esta propiedad el plomo y el monóxido de carbono, y posiblemente el cadmio y el pentóxido de vanadio.

Anexo 8: Límites de exposición ambiental para agentes químicos presentes en la soldadura.

A continuación se muestra una tabla de los posibles gases que pueden presentarse en una soldadura. Estos humos dependen tanto del tipo de soldadura como de la potencia aplicada. Pero principalmente dependen del metal base de las piezas soldadas, del recubrimiento de las piezas soldadas, de los materiales de aporte usados en la soldadura y del aire y de sus posibles impurezas. Los datos que aparecen a continuación son extraídos del documento “Límites de Exposición Profesional para Agente Químicos en España 2019” que edita el INSST [6]. En la tabla aparece el nombre del agente químico presente en el humo, el valor VLA-ED (Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria) en partes por millón (la concentración máxima presente en el aire para una jornada de 8 horas), el VLA-EC (Valor Límite Ambiental de Exposición Corta) en partes por millón (la concentración máxima para una exposición corta de 15 minutos) y los indicadores de peligro H según el Reglamento 1272/2008 “CLP” de Clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.

Agente químico	VLA-ED (ppm)	VLA-EC (ppm)	Indicadores de peligro (H)
Acroleína	0,02	0,05	225, 330, 300, 311, 314, 400, 410
Aluminio, humos	5		
Amianto	0,1 fibras/ cm ³		350, 372
Anhídrido carbónico	5000		
Cloruros	10	20	302, 319
Dióxido de nitrógeno	0,5	1	270, 330, 314
Dióxido de titanio	10		
Fluoruros			
Formaldehído	0,3	0,6	350, 341, 301, 311, 331, 314, 317
Fosfina			
Fosgeno (cloruro de carbonilo)	0,1	0,5	330, 314
Isocianatos	0,01		
Monóxido de carbono	20	100	220, 360D, 331, 372
Oxido de sodio			
Óxidos de aluminio	10		
Óxidos de berilio	0,0002		350i, 330, 301, 372, 319, 335, 315, 317
Óxidos de cadmio	0,002		350, 341, 361fd, 330, 372, 400, 410
Óxidos de cobre	0,1 mg/m ³		

Óxidos de cromo	2 mg/m ³		
Óxidos de estaño	2 mg/m ³		
Óxidos de hierro	5		
Óxidos de molibdeno	0,5 mg/m ³		
Óxidos de níquel	0,1 mg/m ³		
Óxidos de plata	0,1 mg/m ³		
Óxidos de plomo	0,15 mg/m ³		
Óxidos de titanio			
Óxidos de vanadio			
Óxidos de zinc			
Óxidos nitrosos	2	2	
Ozono	0,05		
Percloroetileno	20	40	251, 411
Silicato de calcio	10 mg/m ³		
Silicato de potasio			
Silicato de sodio			
Sílice amorfa			
Tricloroetileno	10	30	350, 341, 319, 315, 336, 412

Tabla 0.8 Exposición máxima humos de soldadura (Fuente: INSST)

Frases H (según reglamento 1272/2008)

H200 – Explosivo inestable.

H201 – Explosivo; peligro de explosión en masa.

H202 – Explosivo; grave peligro de proyección.

H203 – Explosivo; peligro de incendio, de onda expansiva o de proyección.

H204 – Peligro de incendio o de proyección.

H205 – Peligro de explosión en masa en caso de incendio.

H220 – Gas extremadamente inflamable.

H221 – Gas inflamable.

H222 – Aerosol extremadamente inflamable.

H223 – Aerosol inflamable.

H224 – Líquido y vapores extremadamente inflamables.

H225 – Líquido y vapores muy inflamables.

H226 – Líquidos y vapores inflamables.

H228 – Sólido inflamable.

H240 – Peligro de explosión en caso de calentamiento.

H241 – Peligro de incendio o explosión en caso de calentamiento.

H242 – Peligro de incendio en caso de calentamiento.

H250 – Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.

H251 – Se calienta espontáneamente; puede inflamarse.

H252 – Se calienta espontáneamente en grandes cantidades; puede inflamarse.

H260 – En contacto con el agua desprende gases inflamables que pueden inflamarse espontáneamente.

H261 – En contacto con el agua desprende gases inflamables.

H270 – Puede provocar o agravar un incendio; comburente.

H271 – Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente.

H272 – Puede agravar un incendio; comburente.

H280 – Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

H281 – Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.

H290 – Puede ser corrosivo para los metales.

H300 – Mortal en caso de ingestión.

H301 – Tóxico en caso de ingestión.

H304 – Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

H310 – Mortal en contacto con la piel.

H311 – Tóxico en contacto con la piel.

H312 – Nocivo en contacto con la piel.

H314 – Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H315 – Provoca irritación cutánea.

H317 – Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

H318 – Provoca lesiones oculares graves.

H319 – Provoca irritación ocular grave.

H330 – Mortal en caso de inhalación.

H331 – Tóxico en caso de inhalación.

H332 – Nocivo en caso de inhalación.

H334 – Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.

H335 – Puede irritar las vías respiratorias.

H336 – Puede provocar somnolencia o vértigo.

H340 – Puede provocar defectos genéticos.

H341 – Se sospecha que provoca defectos genéticos.

H350 – Puede provocar cáncer.

H351 – Se sospecha que provoca cáncer.

H360 – Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto.

H361 – Se sospecha que perjudica la fertilidad o daña al feto.

H362 – Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.

H370 – Provoca daños en los órganos.

H371 – Puede provocar daños en los órganos.

H372 – Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas *concluyentemente que el peligro no se produce por ninguna otra vía.*

H373 – Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas *concluyentemente que el peligro no se produce por ninguna otra vía.*

H400 – Muy tóxico para los organismos acuáticos.

- H410** – Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- H411** – Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- H412** – Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- H413** – Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- EUH 001** – Explosivo en estado seco.
- EUH 006** – Explosivo en contacto o sin contacto con el aire.
- EUH 014** – Reacciona violentamente con el agua.
- EUH 018** – Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivo o inflamable.
- EUH 019** – Puede formar peróxidos explosivos.
- EUH 044** – Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado.
- EUH 029** – En contacto con agua libera gases tóxicos.
- EUH 031** – En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
- EUH 032** – En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
- EUH 066** – La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
- EUH 070** – Tóxico en contacto con los ojos.
- EUH 071** – Corrosivo para las vías respiratorias.
- EUH 059** – Peligroso para la capa de ozono.
- EUH 201** – Contiene plomo. No utilizar en objetos que los niños puedan masticar o chupar.
- EUH 201A** – ¡Atención! Contiene plomo.
- EUH 202** – Cianoacrilato. Peligro. Se adhiere a la piel y a los ojos en pocos segundos. Mantener fuera del alcance de los niños.
- EUH 203** – Contiene cromo (VI). Puede provocar una reacción alérgica.
- EUH 204** – Contiene isocianatos. Puede provocar una reacción alérgica.
- EUH 205** – Contiene componentes epoxídicos. Puede provocar una reacción alérgica.

EUH 206 – ¡Atención! No utilizar junto con otros productos. Puede desprender gases peligrosos (cloro).

EUH 207 – ¡Atención! Contiene cadmio. Durante su utilización se desprenden vapores peligrosos. Ver la información facilitada por el fabricante. Seguir las instrucciones de seguridad.

EUH 208 – Contiene. Puede provocar una reacción alérgica.

EUH 209 – Puede inflamarse fácilmente al usarlo

EUH 209A – Puede inflamarse al usarlo.

EUH 210 – Puede solicitarse la ficha de datos de seguridad.

EUH 401 – A fin de evitar riesgos para las personas y el medio ambiente, siga las instrucciones de uso.