



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**ESTUDIO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE TOXICIDAD GENERADA POR
EL PROCESO DE SOLDADURA *SMAW***

Jonathan David Perez López

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE TOXICIDAD GENERADA POR
EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JONATHAN DAVID PEREZ LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Mynor Roderico Figueroa Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortíz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE TOXICIDAD GENERADA POR EL PROCESO DE SOLDADURA *SMAW*

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 10 de febrero de 2021.

Jonathan David Pérez López

Guatemala, 21 de abril de 2021

Ingeniero
Gilberto Enrique Morales Baiza
Director Escuela Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
USAC.

Ingeniero Morales:

Por este medio informo a usted que he revisado como asesor, el trabajo de graduación de la carrera de Ingeniería Mecánica, del estudiante universitario **Jonathan David Pérez López**, quien se identifica con registro académico 201612217 y CUI 2007138410101, y cuyo título es:

**ESTUDIO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE TOXICIDAD GENERADA
POR EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW**

El trabajo de graduación desarrollado por el estudiante Jonathan Pérez, cumple con mis requerimientos, por lo cual apruebo y recomiendo para que continúe el proceso de aprobación por las distintas entidades hasta su graduación.

Agradezco su amable atención, atentamente,



Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 3071
ASESOR



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.061.2021

El Coordinador del Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE TOXICIDAD GENERADA POR EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW** desarrollado por el estudiante **Jonathan David Pérez López** con Registro Académico **201612217** y CUI **2007138410101** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área de Materiales
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, abril 2021



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.144.2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área de Materiales del trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE TOXICIDAD GENERADA POR EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW** del estudiante **Jonathan David Pérez López**, CUI **2007138410101**, Reg. Académico **201612217** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, octubre 2021

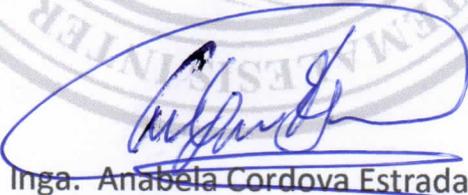
/aej



DTG. 546.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE TOXICIDAD GENERADA POR EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW**, presentado por el estudiante universitario: **Jonathan David Perez López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios y la Virgen María

Por brindarme la vida, fortaleza, perseverancia y estar a mi lado durante toda la carrera y así poder realizar mis sueños.

Mi madre

Vilma Jeannette López Zuleta, por ser el pilar más importante en vida y estar incondicionalmente dándome en cada momento su amor y apoyo.

Mi padre

José Miguel Pérez Hernández, por guiarme y apoyarme en cada etapa de mi vida e inculcarme los valores necesario para cumplir cada meta.

Mis hermanos

Maylin Carolina, Miguel José y Dennis Gerardo por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, por mostrarme con su ejemplo que todo es posible con perseverancia y esfuerzo.

Mis Abuelos

Felina Zuleta Juárez y Rufino López Ramírez por sus consejos, amor y apoyo incondicional durante toda mi vida.

Mi novia

Hileanna González Vargas, por estar a mi lado en cada momento de mi carrera apoyándome y brindándome su amor.

Mi tío

Marco Antonio López, por el cariño que me ha brindado.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de superación.
Facultad de Ingeniería	Por brindar las herramientas necesarias que me formaron como profesional.
Dios	Por darme la sabiduría durante mi carrera y darme la vida para cumplir esta meta.
Mi asesor	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez, por su asesoría, apoyo y conocimiento que no dudó en compartirme.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. EXPERIENCIAS RELACIONADAS CON ENFERMEDADES GENERADAS POR EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW.....	1
1.1. Efectos pulmonares a los humos de soldadura	1
1.2. Asma provocada por metales en soldadores.....	2
1.3. Cáncer provocado por humos de soldadura.....	3
1.4. Síntomas de párkinson en soldadores	4
2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLDADURA SMAW.....	7
2.1. Arco	9
2.2. Metal de aporte y metal base	9
2.2.1. Hierro.....	9
2.2.2. Aluminio.....	10
2.2.3. Níquel	11
2.2.4. Cobre.....	11
2.2.5. Acero inoxidable	12
2.3. Fundente	13
2.4. Electrodo	13
2.4.1. Clasificación según AWS-ASTM.....	13

2.4.2.	Tipos y revestimiento	15
2.4.2.1.	Rutílicos.....	16
2.4.2.2.	Celulósico.....	17
2.4.2.3.	Básicos.....	18
2.4.2.4.	Ácidos.....	19
3.	CONTAMINANTES PROVOCADOS POR LA SOLDADURA	23
3.1.	Físicos.....	23
3.1.1.	Leves.....	23
3.1.1.1.	Mareos	24
3.1.1.2.	Resequedad en la garganta	24
3.1.2.	Agudos	26
3.1.2.1.	Irritación en los ojos	26
3.1.2.2.	Fiebre de los metales	28
3.1.3.	Crónicos	29
3.1.3.1.	Bronquitis	30
3.1.3.2.	Asma	30
3.1.3.3.	Encefalopatía anóxica	32
3.1.3.4.	Síndrome de párkinson	34
3.1.3.5.	Síndrome de túnel Carpiano.....	36
3.1.3.6.	Neoplasia maligna de tráquea.....	39
3.1.3.7.	Insuficiencia renal aguda.....	40
3.2.	Químicos	42
3.3.	Biológicos.....	43
3.3.1.	Infertilidad.....	44
3.3.2.	Alveolitis alérgica extrínseca	45
3.4.	Psicosociales	47
3.4.1.	Proceso de generación de humos y gases.....	47
3.4.2.	Humos provenientes del metal base	50

3.4.3.	Humos provenientes del recubrimiento del metal base.....	52
3.4.3.1.	Galvanizado.....	53
3.4.3.2.	Niquelado.....	54
3.4.3.3.	Cromado.....	56
3.4.4.	Gases y vapores de la transformación térmica.....	56
3.4.4.1.	Monóxido de carbono	57
3.4.4.2.	Óxido de nitrógeno	58
3.4.5.	Humos provenientes del aire y sus impurezas	59
4.	GUÍA DE HIGIENE INDUSTRIAL.....	63
4.1.	Control de ventilación en el proceso.....	63
4.1.1.	Ventilación localizada	63
4.1.2.	Ventilación general	65
4.2.	Posición del soldador al soldar	67
4.3.	Equipo de protección adecuado	69
4.4.	Buenas prácticas del soldador.....	86
4.4.1.	Medidas de protección personales	89
4.4.2.	Medidas de protección de los materiales y equipos	89
4.4.3.	Medidas de protección colectivas	90
4.5.	Control de salud sobre el soldador	92
	CONCLUSIONES	95
	RECOMENDACIONES	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	APÉNDICE.....	105
	ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Irritación en los ojos	28
2.	Síndrome del túnel carpiano	38
3.	Alveolitis alérgica extrínseca	46
4.	Mesas de soldadura con aspiración	65
5.	Ventilación general.....	67
6.	Ventilación general forzada.....	67
7.	Posición del soldador	69
8.	Casco de soldador	70
9.	Guantes de cuero.....	72
10.	Mandil de cuero.....	74
11.	Ropa piroretardante	75
12.	Escarpines	76
13.	Calzado para soldador	76
14.	Gorra de protección.....	78
15.	Equipo de aire motorizado 3M™ Adflo™	80
16.	Equipo de suministro de aire con regulador Versaflo™ V-500.....	82
17.	Media máscara reutilizable 6500QL	83
18.	Mascarillas desechables	85
19.	Equipo de protección general.....	86

TABLAS

I.	Interpretación de la última cifra en la clasificación A.W.S de electrodos	15
II.	Riesgos debido a las radiaciones UV-visibles	27

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ms	Acero dulce
SS	Acero Inoxidable
H2	Células de Hidrogeno
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
CO2	Dióxido de Carbono
NO2	Dióxido de Nitrógeno
°C	Grados Celsius
Fe	Hierro
Mn	Manganeso
µm	Micrómetro
mg	Miligramo
mm	Milímetro
CO	Monóxido de Carbono
nm	Nanómetro
ppm	Partículas por millón
%	Porcentaje
Pb	Plomo
IR	Radiación Infrarroja
RUV	Radiación Ultravioleta

GLOSARIO

AAE	Asociación Americana de Endodoncia.
ADN	Ácido desoxirribonucleico.
Aero alérgenos	Son antígenos aerotransportados que acceden al organismo a través de las vías respiratorias, como vía de contacto más relevante, pero también a través de la mucosa conjuntival, epidermis y posiblemente por vía digestiva.
AISI	American Iron and Steel Institute.
Alveolar	Perteneciente o relativo a los alvéolos de los dientes o de los pulmones.
Amianto	Mineral que se presenta en forma de fibras flexibles, brillantes y suaves, que tiene un alto grado de resistencia a la combustión, por lo que se emplea en la fabricación de revestimientos y tejidos resistentes al fuego y al calor.
Apoptosis	Es el proceso de muerte celular programada. Tiene lugar durante las primeras etapas de desarrollo para eliminar las células innecesarias, por ejemplo, las que

se encuentran entre los dedos cuando se desarrolla una mano.

ASME

American Society Mechanical Engineers.

Auscultación

Exploración de los sonidos que se producen en el interior de un organismo humano o animal, especialmente en la cavidad torácica y abdominal, mediante los instrumentos adecuados o sin ellos.

AWS

American Welding Society.

Bauxita

Roca sedimentaria blanda y ligera, principal fuente de extracción del aluminio. Su color puede variar del blanco, gris al rojo, según la cantidad de óxido de hierro en su composición.

Blefaroespasmó

Es una contracción espasmódica involuntaria y repetitiva del músculo orbicular, que provoca posturas y movimientos anormales llamadas distonías.

Bradíinesia

Lentificación de los movimientos, especialmente de los movimientos voluntarios complejos.

Carcinogénico

Agente químico o físico específico que tiene la capacidad de causar cáncer en individuos expuestos a él.

DHHS

Department of Health and Human Services.

Espermatogénesis	Proceso de formación de las células sexuales masculinas, desde la espermatogonia hasta los espermatozoides.
Espirometría	Es una prueba sencilla, indolora y no invasiva que permite conocer la función pulmonar de una persona. Es la prueba básica para diagnosticar enfermedades respiratorias.
Expectoración	Expulsión mediante la tos o el carraspeo de las flemas u otras secreciones formadas en las vías respiratorias.
Fotosensible	Que es sensible a la acción de la luz.
Gasoducto	Es una conducción de tuberías que sirven para transportar gases combustibles a gran escala.
Gasificar	Convertir un líquido o un sólido en gas por medio del calor o de una reacción química.
Higroscopia	Es la capacidad de algunas sustancias de absorber humedad del medio circundante.
Hiperemia	Aumento de sangre en un órgano o en una parte de este.
Hipoxia	Es la ausencia de oxígeno suficiente en los tejidos como para mantener las funciones corporales.

IARC	International Agency for Research on Cancer.
Ilmenita	La ilmenita es un mineral óxido de composición $\text{Fe}^{2+}\text{Ti}^{4+}\text{O}_3$.
Inactínico	Cristales o materiales que no se ven alterados en sus propiedades por la acción de la luz u otros tipos de radiación.
Luz ultravioleta	Es la radiación electromagnética con longitudes de onda entre 100 – 400 nm
Macula	Lesión cutánea que consiste en una alteración circunscrita del color de la piel diferente del tejido que la rodea.
Manganismo	Es una condición tóxica resultante de la exposición crónica al manganeso.
Melanoma	Es una forma de cáncer de piel que comienza en las células de melanocitos que controlan el pigmento de la piel.
Metacolina	Es un agonista colinérgico sintético no-selectivo del tipo éster de colina que actúa uniéndose y activando receptores muscarínicos de la acetilcolina como parte del sistema nervioso parasimpático.
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health.

Neurotóxica	Son sustancias capaces de provocar efectos adversos en el sistema nervioso central, el sistema nervioso periférico y los órganos de los sentidos.
Oleoductos	Tubería para la conducción de petróleo desde el lugar de producción al de embarque o desde el lugar de descarga al de refinado.
PET	Preliminary English Test.
Pirorretardante	Es una sustancia química que se añade a los materiales durante su proceso de fabricación con el doble fin de reducir la probabilidad de que el producto final se incendie y de ralentizar su combustión.
Precipitina	Anticuerpo que forma a precipitar cuando se une con su antígeno.
QL	<i>Quick Latch.</i>
TAC	Tomografía Computarizada.
Tapeta	Parte de la camisa en la que se encuentran los ojales.
Toxicidad	Capacidad de una sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él.

Transferencia globular	Se origina cuando las gotas del metal fundido son suficientemente grandes para caer por la influencia de la fuerza de gravedad.
UNE	Asociación Española de Normalización.
Vítrea	Que está hecho de vidrio.
VLA	Valor límite ambiental.
Volatilidad	Es la variabilidad de la rentabilidad de una acción respecto a su media en un periodo de tiempo determinado.

RESUMEN

El presente estudio es realizado para tener conocimiento sobre los efectos y daños a la salud que ocasiona la soldadura *SMAW* sobre las personas ya que el nivel de toxicidad que se genera es alto, con este estudio tendremos una guía teórica y práctica de cómo realizar los trabajos de soldadura y el quipo protección adecuado que se debe portar.

Se realizó un estudio sobre los daños que ha ocasionado el proceso de soldadura a soldadores que han trabajado durante años en este proceso, ya que pueden ser desde enfermedades agudas hasta crónicas que muchas veces termina siendo en muerte.

Se describirán los principales componentes que se utilizan en la aplicación de la soldadura *SMAW*, los materiales utilizados para poder llevar a cabo este proceso tanto el material base y de aportación.

Se clasificaron los contaminantes ocasionados por la soldadura *SMAW* como físicos, químicos, biológicos y psicosociales, dentro de ellos hay variantes en los contaminantes ya que pueden afectar levemente al soldador como también tener consecuencias severas.

Se propone una guía para mejorar el proceso de soldadura *SMAW* empleando así medidas de prevención para disminuir el riesgo de los contaminantes de la soldadura, y tener buenas prácticas de soldadura así como el uso correcto y adecuado del equipo de protección que es indispensable para que los trabajos no afecten al soldador.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio para determinar el nivel de toxicidad generada por el proceso de soldadura *SMAW*.

Específicos

1. Describir la necesidad de conocer los niveles de toxicidad provocada por la soldadura *SMAW*.
2. Conocer el proceso de soldadura *SMAW*, así como los componentes y materiales empleados para realizarla.
3. Realizar el estudio de los contaminantes físicos, químicos, biológicos y psicosociales provocados por la soldadura sobre el soldador.
4. Proponer las guías de buenas prácticas de higiene industrial para reducir el daño provocado por la toxicidad generada en el proceso de la soldadura *SMAW*.

INTRODUCCIÓN

El proceso de soldadura *SMAW* es una de las formas más comunes de soldadura, este proceso realiza la unión de dos o más metales por medio de la fusión que se genera a partir del arco eléctrico, tiene amplios beneficios como la versatilidad y el amplio campo de aplicaciones, pero a su vez produce un impacto considerable en la salud de los soldadores.

La utilización de este proceso produce enfermedades leves, agudas, graves y crónicas, la enfermedad dependerá del tiempo de exposición del soldador y el ambiente en que se encuentra, ya que la concentración de gases que se generan por la composición de los elementos como el electrodo que tiene un revestimiento que cubre al núcleo, afectan a la salud del soldador, el revestimiento puede ser fabricado de distintos materiales que tienen un alto índice de toxicidad, a su vez este proceso provoca una luz ultravioleta que en el caso más perjudicial provocara la ceguera, la luz se genera por las altas temperaturas entre el material, el electro y el material base.

Para reducir el daño generado por la soldadura es necesario tomar en cuenta el uso correcto del equipo de protección como la máscara fija que reduce el impacto directo entre la luz ultravioleta y los ojos del soldador, además de esto se debe tener una buena práctica de soldadura, esto reduce el daño a la salud del soldador.

1. EXPERIENCIAS RELACIONADAS CON ENFERMEDADES GENERADAS POR EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW

Los soldadores se enfrentan diariamente a muchos riesgos generados por las emisiones peligrosas con las que trabajan, que eventualmente podrían acabar ocasionándoles baja temporal por enfermedad o incluso la jubilación anticipada.

El método de soldadura SMAW genera diferentes cantidades de humos cuyas concentraciones de sustancias peligrosas puede variar.

1.1. Efectos pulmonares a los humos de soldadura

Se estima que más de 1 millón de trabajadores en todo el mundo realizan algún tipo de soldadura como parte de sus actividades laborales. Los estudios de epidemiología han demostrado que una gran cantidad de soldadores experimenta algún tipo de enfermedad respiratoria. Los efectos respiratorios observados en los soldadores de tiempo completo incluyen bronquitis, siderosis, asma y un posible aumento en la incidencia de cáncer de pulmón. Las infecciones pulmonares aumentan en términos de gravedad, duración y frecuencia entre los soldadores.

La exposición por inhalación a los humos de soldadura puede variar debido a las diferencias en los materiales y métodos empleados. Las propiedades químicas de los humos de soldadura pueden ser bastante complejas. La mayoría de los materiales de soldadura son mezclas de aleaciones de metales caracterizadas por diferentes aceros que pueden contener hierro, manganeso, cromo y níquel.

Los estudios en animales han indicado que la presencia y combinación de diferentes componentes metálicos es un determinante importante en las posibles respuestas neurotóxicas asociadas con los humos de soldadura.

Los modelos animales han demostrado que los humos de soldadura de acero inoxidable, SS, que contienen niveles significativos de níquel y cromo, inducen más daño e inflamación pulmonar, y se retienen en los pulmones por más tiempo que los humos de soldadura de acero dulce, MS, que contienen principalmente hierro. Además, los humos de SS generados por los procesos de soldadura que utilizan fundentes para proteger la soldadura resultante contienen niveles elevados de metales solubles, que pueden afectar la salud respiratoria.

Estudios recientes en animales han indicado que la lesión pulmonar y la inflamación inducida por los humos de soldadura del acero inoxidable, que contienen metales solubles en agua dependen de las fracciones solubles e insolubles del humo.

1.2. Asma provocada por metales en soldadores

Se evaluaron los factores coexistentes y la utilidad de los métodos de diagnóstico en el asma inducida por metales en soldadores. Se realizó examen de 50 soldadores expuestos ocupacionalmente a metales y con sospecha de asma inducida por metales, grupo A, 100 soldadores expuestos ocupacionalmente a metales, pero sin sospecha de asma inducida por metales, grupo B, y dos grupos de control que eran 10 pacientes con asma atópica y 10 sujetos sanos.

Se realizaron encuestas mediante cuestionarios, exámenes clínicos, pruebas cutáneas para aero alérgenos comunes y sales metálicas, pruebas de

espirometría en reposo, rayos X, provocación con metacolina y pruebas de provocación por inhalación específicas, ciegas y controladas con placebo con metales o pruebas de provocación en condiciones similares al trabajo realizado.

En la mayoría de los soldadores examinados, en el 62 % se observaron cambios pulmonares en las imágenes de rayos X de tórax. El análisis estadístico reveló que trabajar como soldador durante más de 10 años es el factor coexistente de presencia de cambios en la radiografía de tórax, cambios nodulares tipo p o q o cambios intersticiales.

1.3. Cáncer provocado por humos de soldadura

En 1989, la IARC clasificó los humos de soldadura como posiblemente cancerígenos para los humanos, categoría 2B. Desde esa fecha, numerosas observaciones y estudios; que incluyen más de 20 estudios de casos y controles y casi 30 estudios de cohortes, han demostrado la naturaleza probada del potencial carcinogénico de los humos de soldadura, lo que justifica hoy el cambio de clasificación.

Todos los procesos de soldadura emiten humos, que pueden ser inhalados por los soldadores y las personas que trabajan cerca. Estos humos consisten en gas y polvo que pueden alcanzar la región alveolar del sistema respiratorio. Estudios recientes muestran un mayor riesgo de cáncer de pulmón en soldadores, pero también en otros trabajadores expuestos a humos de soldadura. La información acumulada permite establecer una clara relación causal entre la exposición a los humos de soldadura y la aparición de cáncer de pulmón.

Según los expertos de IARC, la exposición a los humos de soldadura también podría estar implicada en la aparición de cáncer de riñón. Por otro lado,

los datos actualmente disponibles siguen siendo insuficientes para demostrar un vínculo con otros tipos de cáncer.

La investigación de IARC también muestra que la radiación ultravioleta emitida durante la soldadura de arco es un factor de riesgo para el melanoma ocular, una forma rara de malignidad del ojo. De acuerdo con los estudios disponibles; 8 estudios de casos y controles y 2 estudios de cohortes, las actividades de soldadura por arco aumentan el riesgo de melanoma ocular de 2 a 10 veces.

1.4. Síntomas de párkinson en soldadores

El 15 % de los soldadores desarrollan problemas de movimiento similares a los observados en la enfermedad de Parkinson, como lentitud de movimientos y rigidez. El culpable, según un estudio publicado en *Neurology*, parece ser el manganeso, un metal que se encuentra en algunos aceros. La exposición crónica a humos de manganeso puede tener efectos nocivos sobre el sistema nervioso. Por eso, el manganeso es uno de los tóxicos relacionados con los procesos de soldadura más investigados en los últimos años y, como consecuencia, su límite de exposición se ha reducido de manera drástica.

De número atómico 25, el manganeso, situado en el grupo 7 de la tabla periódica, es en pequeñas cantidades esencial para todos los seres vivos. Sin embargo, en cantidades mayores, y sobre todo cuando se inhala, este elemento químico puede causar daños neurológicos irreversibles. El Mn se acumula preferentemente en los ganglios basales, esenciales para el movimiento, y en particular, en las mitocondrias de los astrocitos, un tipo de células del cerebro.

La exposición crónica al manganeso, denominada manganismo, es un desorden neurológico que presenta características clínicas a las de la enfermedad de Parkinson idiopática. Ambas enfermedades pueden tener un origen neurotóxico, puede acceder al cerebro a través de las neuronas sensoriales del epitelio nasal, que proyectan hacia el bulbo olfatorio. Además, estas patologías podrían iniciarse en el intestino.

Un total de 135 de los trabajadores, el 15 %, tenía parkinsonismo, con una puntuación de al menos 15 en una escala de cero a 108 puntos. Los investigadores encontraron que la exposición acumulativa de manganeso se asoció con un aumento anual de las puntuaciones en una prueba de movimiento. Cada miligramo adicional de manganeso por metro cúbico y por año añadió 0,24 puntos en la escala de problemas del movimiento.

La relación entre la exposición de soldadura y el aumento de los síntomas fue especialmente fuerte en los soldadores de arco que trabajan en un espacio cerrado, donde se generan los más altos niveles de material particulado.

2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLDADURA SMAW

El proceso de soldadura por arco es uno de los más usados y abarca diversas técnicas. Una de esas técnicas es la soldadura por arco con electrodo metálico revestido *SMAW*, por sus siglas en inglés, también conocida como soldadura por arco con electrodo recubierto, soldadura de varilla o soldadura manual de arco metálico.

Se trata de una técnica en la cual el calor de soldadura es generado por un arco eléctrico entre la pieza de trabajo que es el metal base y un electrodo metálico consumible llamado metal de aporte recubierto con materiales químicos en una composición adecuada, fundente.

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

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

El revestimiento del electrodo, que determina las características metálicas y químicas de la unión, está constituido por un conjunto de componentes minerales y orgánicos que cumplen las siguientes funciones:

- Producir gases protectores para evitar la contaminación atmosférica y gases ionizantes para dirigir y mantener el arco.
- Producir escoria para proteger el metal ya depositado hasta su solidificación.
- Suministrar materiales desoxidantes, elementos de aleación y hierro en polvo.

Además, la soldadura *SMAW* es muy versátil. Su campo de aplicaciones es enorme: casi todos los trabajos de pequeña y mediana soldadura de taller se efectúan con electrodo revestido; se puede soldar metal de casi cualquier espesor y se pueden hacer uniones de cualquier tipo.

Sin embargo, el procedimiento de soldadura con electrodo revestido no se presta para su automatización o semi-automatización; su aplicación es esencialmente manual. La longitud de los electrodos es relativamente corta: de 230 a 700 mm. Por lo tanto, es un proceso principalmente para soldadura a pequeña escala. El soldador tiene que interrumpir el trabajo a intervalos regulares para cambiar el electrodo y debe limpiar el punto de inicio antes de empezar a usar electrodo nuevo. Sin embargo, aún con todo este tiempo muerto y de preparación, un soldador eficiente puede ser muy productivo.

Todos los elementos que participan en la soldadura *SMAW* cumplen una función importante.

2.1. Arco

El comienzo de todo proceso de soldadura por arco es precisamente la formación del arco. Una vez que este se establece, el metal de aporte y el fundente que lo recubre empiezan a consumirse. La fuerza del arco proporciona la acción de excavar el metal base para lograr la penetración deseada. Este proceso continúa a medida que la soldadura se ensancha y el electrodo avanza a lo largo de la pieza de trabajo.

2.2. Metal de aporte y metal base

Materiales que son precisos incorporar al baño de fusión en determinadas técnicas de soldadura. Al ser incorporados al baño de fusión, también van a participar en la generación de humos y gases, conjunto de agentes químicos englobados bajo el término “humos de soldadura”, cuya inhalación puede producir trastornos de la salud del soldador. Los materiales de aporte normalmente son metales similares a los de las piezas a unir, presentados en forma de varillas o hilos continuos, que se incorporan a la soldadura manual o automáticamente.

Al derretirse, forma gotas que se depositan sobre la pieza de trabajo dando lugar al charco de soldadura, que llena el espacio de soldadura y une las piezas en lo que se denomina una junta de soldadura.

2.2.1. Hierro

El hierro es el segundo metal más abundante y el cuarto de todos los elementos, superado únicamente por el oxígeno, el silicio y el aluminio.

Desde el punto de vista industrial, los compuestos de hierro más importantes son los óxidos y el carbonato, que constituyen los minerales más importantes de los que se obtiene el metal. Los cianuros, nitruros, fosfuros, fosfatos y el hierro carbonilo tienen una importancia industrial menor.

La inhalación de polvo o humos de hierro puede producirse en la minería del hierro, en la soldadura con arco eléctrico, el triturado, el abrillantado y el trabajo del hierro y en el rascado de calderas. Si se inhala, el hierro es un irritante local para los pulmones y el tracto gastrointestinal. Los informes indican que la exposición prolongada a una mezcla de polvo de hierro y otros metales puede afectar a la función pulmonar.

2.2.2. Aluminio

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre, donde se encuentra combinado con oxígeno, flúor y sílice, pero nunca en estado metálico. La principal fuente de aluminio es la bauxita, constituida por una mezcla de minerales formados por la acción de la intemperie sobre las rocas que contienen aluminio.

Para la producción de aleaciones de aluminio, el metal refinado se funde en hornos de fuel-oil o de gas. La emisión de gases resultante como ácido clorhídrico, hidrógeno y cloro, se ha asociado con enfermedades profesionales. En consecuencia, hay que prestar suma atención a la realización de unos controles de ingeniería adecuados, que capturen estas emisiones y eviten su llegada al medio exterior, donde también pueden causar daños.

Estudios recientes sobre el efecto para la salud de la exposición a niveles elevados, 100 mg/m, demuestran que los trabajadores con más de veinte años

de exposición pueden desarrollar alteraciones pulmonares, que se caracterizan clínicamente por cambios restrictivos leves y predominantemente asintomáticos en la función pulmonar.

2.2.3. Níquel

La exposición aguda accidental por inhalación de níquel carbonilo produce generalmente síntomas inmediatos leves e inespecíficos como náuseas, vértigo, cefalea, disnea y dolor en el pecho. Estos síntomas iniciales suelen desaparecer al cabo de unas horas. Transcurridas de 12 a 36 horas, se desarrollan síntomas pulmonares graves con tos, disnea, taquicardia, cianosis, una gran debilidad y con frecuencia, trastornos gastrointestinales. Se han producido muertes de 4 a 13 días después de la exposición al níquel carbonilo por neumonitis intersticial, hemorragia o edema cerebrales.

La descomposición del níquel carbonilo presenta el riesgo adicional de toxicidad por la inhalación de sus productos de degradación, monóxido de carbono y partículas finas de níquel metálico. La exposición crónica de los trabajadores a la inhalación de concentraciones atmosféricas bajas de níquel carbonilo de 0,007 a 0,52 mg/m³, puede producir síntomas neurológicos como insomnio, cefalea, vértigo y pérdida de memoria, también de otro tipo como opresión en el pecho, sudoración excesiva, alopecia.

2.2.4. Cobre

Los trabajadores que fumigan los viñedos con la mezcla de Burdeos pueden padecer lesiones pulmonares conocidas como “pulmón de fumigador de viñedos” y granulomas hepáticos cargados de cobre. La ingestión accidental de sales de

cobre solubles es generalmente inocua, ya que la inducción del vómito libera al paciente de gran parte del cobre.

Cuando se ingiere sulfato de cobre, también conocido como piedra azul o azul vitriolo, en cantidades del orden de gramos, se producen náuseas, vómitos, diarrea, sudoración, hemólisis intravascular y posible fallo renal; en raras ocasiones, se observan también convulsiones, coma y la muerte.

La inhalación de polvos, humos o nieblas de sales de cobre puede causar congestión nasal y de las mucosas, y ulceración con perforación del tabique nasal. Los humos desprendidos durante el calentamiento del cobre metálico pueden producir fiebre, náuseas, gastralgias y diarrea.

2.2.5. Acero inoxidable

El acero inoxidable es un tipo de metal con base de hierro que contiene al menos 10 % de cromo formado por una aleación de metales.

Cualquier artículo manufacturado a partir de productos sólidos serán clasificados generalmente como no peligrosos. No obstante, algunos elementos metálicos contenidos en estos productos han sido determinados como tóxicos y son sujeto de regulación y controles. Estos elementos pueden ser emitidos como contaminantes de aire bajo ciertas condiciones del proceso, tales como quemado, fusión, corte, aserrado, soldadura fuerte, molienda, fresado, mecanizado.

Ciertos materiales y equipos utilizados en producción de productos de acero inoxidable como fluidos de corte/mecanizado, revestimientos, procesamiento, lubricantes, productos químicos de limpieza / decapado, fundentes de soldadura,

soplete y sistemas de corte por plasma, pueden constituir un alto riesgo y deben tratarse en consecuencia.

2.3. Fundente

Material usado para disolver y evitar la formación de óxido y otras inclusiones indeseables que se forman al soldar.

Se derrite junto con el metal de aporte formando un gas y una capa de escoria, que protegen el arco y el charco de soldadura. El fundente limpia la superficie metálica, suministra algunos elementos de aleación a la soldadura, protege el metal fundido contra la oxidación y estabiliza el arco. La escoria se retira después de la solidificación.

2.4. Electrodo

Este es uno de los elementos más importantes y el que da el nombre a este tipo de proceso de soldadura. El electrodo cumple con varias funciones dentro del proceso de soldeo, es el encargado de establecer el arco, proteger el baño de fusión y al irse consumiendo es el que produce la aportación de material, y a medida que el material base va fundiendo, junto con la aportación de material va constituyendo el cordón de soldadura.

2.4.1. Clasificación según AWS-ASTM

La mayoría de los electrodos para soldadura por arco se clasifican a partir de las propiedades del metal de aporte, que fueron clasificadas y estudiado por un comité asociado a la American Welding Society por sus siglas A.W.S y a la American Society Mechanical Engineers por sus siglas ASME.

Las diferentes características de operación de entre los electrodos existentes en el mercado son atribuidas al revestimiento que cubre al alambre del electrodo. Por otro lado, este alambre es generalmente del mismo tipo, acero al carbón AISI 1010 que tiene un porcentaje de carbono de 0,08-0,12C % para la serie de electrodos más comunes.

La especificación AWS A5.1, que se refiere a los electrodos para soldadura de aceros al carbono, trabaja con la siguiente designación para electrodos revestidos:

E XXYZ - 1 HZR

Donde:

- E, indica que se trata de un electrodo para soldadura manual eléctrica.
- XX, son dos o tres dígitos que designan la mínima resistencia a la tracción, sin tratamiento térmicos post soldadura.
- Y, el tercer dígito indica la posición en la que se puede soldar satisfactoriamente con el electrodo en cuestión. Así si vale 1 por ejemplo, E 6011, significa que el electrodo es apto para soldar en todas posiciones plana, vertical, techo y horizontal, 2 si sólo es aplicable para posiciones planas y horizontal; y si vale 4, por ejemplo, E 7048, indica que el electrodo es conveniente para posición plana, pero especialmente apto para vertical descendente.
- Z, el último dígito, que está íntimamente relacionado con el anterior, es indicativo del tipo de corriente eléctrica y polaridad en la que mejor trabaja el electrodo, e identifica a su vez el tipo de revestimiento, el que es

calificado según el mayor porcentaje de materia prima contenida en el revestimiento. Por ejemplo, el electrodo E 6010 tiene un alto contenido de celulosa en el revestimiento, aproximadamente un 30 % o más, por ello a este electrodo se le califica como un electrodo tipo celulósico.

Tabla I. **Interpretación de la última cifra en la clasificación A.W.S de electrodos**

ULTIMA CIFRA	E-XXX0	E-XXX1	E-XXX2	E-XXX3	E-XXX4	E-XXX-5	E-XXX6	E-XXX-7	E-XXX-8
Tipo de Corriente	a	CA o CD + Polaridad invertida	CA o CD -- Polaridad Directa Preferente	CA o CD -- Polaridad Directa Preferente	CA o CD + Polaridad Invertida	CD + Polaridad Invertida	CA o CD + Polaridad Invertida	CD + Polaridad Invertida	CA o CD + Polaridad Invertida
Revestimiento Escoria	b	Celulosa-Potasio Orgánico	Titanio Sodio Rutilo	Titanio Potasio Rutilo	Titanio Polvo de Hierro Rutilo	Titanio Sodio BH Rutilo	Titanio Potasio BH Rutilo	Polvo de Hierro Mineral	Titanio Potasio Polvo de Hierro BH Rutilo
Tipo de Arco	Penetrante	Penetrante	Mediano	Suave	Suave	Mediano	Mediano	Suave	Mediano
Penetración	c	Profunda	Mediana	Ligera	Ligera	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana
Polvo de Hierro en el revestimiento	0 - 10%	NO	0-10%	0-10%	30-50%	NO	NO	50%	30-50%

Fuente: OXGASA. *Manual del soldador*.

<https://www.infrasal.com/industria/phocadownloadpap/manual%20del%20soldador.pdf>

Consulta: 25 de marzo de 2021.

2.4.2. Tipos y revestimiento

Existe una clasificación para los revestimientos de los electrodos, y la composición de estos es la que determinara sus cualidades y aplicaciones.

2.4.2.1. Rutílicos

Permiten un fácil encendido y mantenimiento del arco, siendo los electrodos más apropiados para soldadores principiantes u operarios con poca experiencia. Con los electrodos rutílicos se logra una penetración mediana.

El principal componente de estos electrodos es el rutilo, mineral obtenido a partir de menas que en su estado natural contienen de un 88-94 % de TiO_2 . También puede extraerse de la ilemita, mineral compuesto por un 45-55 % de TiO_2 y el resto de Fe_2O_3 . La protección en estos electrodos la proporciona la escoria.

Pertenecen al sistema TiO_2 - FeO - MnO que dan como resultado titanatos de hierro o titanatos complejos. La escoria, de aspecto globular o semiglobular, tiene la viscosidad adecuada para permitir la soldadura de elementos con ajuste deficiente o cuando entre los bordes a unir existe una distancia excesiva, resultando los electrodos de rutilo idóneos en la soldadura con defectuosa preparación de juntas. La escoria se elimina con facilidad.

Contiene un buen número de inclusiones. El nivel de impurezas es intermedio entre el que presentan los electrodos ácidos y los básicos. El contenido de hidrógeno puede llegar a fragilizar las soldaduras. El contorno de las costuras en ángulo oscila entre convexo en el AWS-E-6012 a prácticamente plano en el AWS-E-6013. en cualquiera de los casos, el cordón presenta un buen aspecto.

Resultan por su fácil manejo en cualquier clase de montaje, la escasa influencia de las condiciones ambientales y por ser adecuados para emplearse en todas las posiciones, idóneos para todo tipo de soldaduras siempre que no se

requiera una elevada tenacidad. Los principales campos de aplicación son las estructuras metálicas, en construcciones de calderas y construcciones navales.

Características principales:

- Penetración mediana.
- Cordones de buen aspecto.
- Excelente calidad de los depósitos de soldadura.
- Facilidad de encendido y mantenimiento del arco eléctrico.
- Escoria liviana y fácil de desprender.
- Fluidez y rapidez de fusión del electrodo.

2.4.2.2. Celulósico

Contienen una proporción adecuada de elementos químicos de naturaleza celulósica. Durante el encendido y el mantenimiento del arco, la celulosa se descompone en CO₂ y vapor de agua, formando de esta manera una gran cantidad de gases que, al buscar rápida salida por el extremo del electrodo, produce un efecto de chorro, similar al que produce un cohete. La fuerza de estos gases excava el material caliente y permite la mezcla fundida del metal base y del electrodo que penetra.

Producen una gran penetración gracias al hidrógeno procedente de la celulosa que el calor del arco libera. La velocidad de soldeo es elevada. Se producen, sin embargo, abundantes pérdidas por salpicaduras.

Los electrodos celulósicos producen una gran cantidad de humos. Por ello, es recomendable evitar su uso en recintos cerrados, como el interior de calderas, cisternas y recipientes. Por otra parte, lo enérgico del arco aconseja emplear con

más rigor los materiales de protección, tales como gorras, guantes, mandiles y polainas. Los electrodos celulósicos no deben resecarse nunca.

Características generales:

- Penetración profunda.
- Arco potente y estable.
- Calidad del depósito a prueba de rayos X.
- Solidificación rápida de los cordones, lo que permite su empleo eficiente en todas las posiciones de soldadura.
- Ideal para posiciones forzadas, aún en materiales sucios u oxidados.
- Escoria liviana.

Su uso se está generalizando en oleoductos, y gasoductos en donde resulta ventajoso soldar en todas las posiciones, sin cambiar los parámetros de soldeo. También son adecuados en aplicaciones en donde se pretenda conseguir una buena penetración.

2.4.2.3. Básicos

La composición química de este revestimiento está formada básicamente por óxidos de hierro, aleaciones ferrosas y por carbonatos de calcio y magnesio a los cuales, añadiendo fluoruro de calcio se obtiene la fluorita, que es un mineral muy apto para facilitar la fusión del baño.

Este tipo de revestimiento posee una gran capacidad de depuración del metal base, con lo que se obtienen soldaduras de calidad y de buenas propiedades mecánicas. Los electrodos con este tipo de revestimiento soportan

elevadas temperaturas de secado, y por lo tanto el baño no se contamina con hidrógeno.

Tienen una escoria poco abundante, aunque muy densa y de difícil eliminación. Los electrodos con este tipo de revestimientos son aptos para ejecutar soldaduras en posición, verticales y por encima de la cabeza.

Por otro lado, la fluorita hace que el arco sea muy inestable, con un baño menos fluido, que da lugar a frecuentes cortocircuitos debidos a una transferencia del material de aporte a base de grandes gotas. Sin embargo, el arco debe mantenerse muy corto debido a la escasa volatilidad de este revestimiento. En definitiva, todo esto hace necesario que el soldador que haga uso de este revestimiento para los electrodos de soldadura tenga mucha experiencia y buena pericia en el proceso.

Para electrodos con este tipo de revestimiento se recomienda el empleo de generadores de corriente continua, CC, en polaridad inversa. Los electrodos básicos se distinguen por la gran cantidad de material depositado, y son buenos para la soldadura de grandes espesores.

Los electrodos con revestimiento básico son muy higroscópicos, por lo que se recomienda mantenerlos en ambiente seco y en recipientes cerrados.

2.4.2.4. Ácidos

Los revestimientos de estos electrodos están formados por óxidos de hierro, aleaciones ferrosas de manganeso y silicio. Garantizan una buena estabilidad del arco que los hace idóneos tanto para la corriente alterna, CA, como para la corriente continua, CC. Tienen un baño muy fluido que no permite soldaduras en

determinadas posiciones; además no tienen un gran poder de limpieza en el material base y esto puede causar grietas. No soportan elevadas temperaturas de secado, con el consiguiente riesgo de humedad residual y por lo tanto de inclusiones de hidrógeno en la soldadura.

Estos electrodos contienen una adecuada proporción de productos desoxidantes en forma de ferroaleaciones. Sin embargo, el contenido de Silicio en el cordón se mantiene bajo por lo que el metal aportado contiene siempre una cierta cantidad de oxígeno y, en consecuencia, la resiliencia de la unión es solamente mediana.

Pertenece al sistema $\text{FeO-SiO}_2\text{-MnO}$ y contienen una gran proporción de silicatos de Fe llamado fayalita y de Mn llamado rodonita, así como óxidos libres FeO y MnO. La reacción es ácida, o sea, disuelve los óxidos básicos, tales como el MnO. En consecuencia, gran parte del Mn se desplaza a la escoria. Este enriquecimiento en Mn disminuye la viscosidad, proporcionando un cordón de aspecto liso y facilitando el soldeo.

La escoria de los electrodos típicamente ácidos es abundante, de color negro y adquiere al solidificar una estructura esponjosa que tiende a hacerse más compacta y vítrea a medida que disminuye la acidez. Se separa con bastante facilidad. Por su abundante escoria se requiere soldar con mayor intensidad e inclinación adecuada del electrodo, para evitar que la escoria se anticipe al metal fundido.

Estos electrodos confieren al metal depositado un contenido de H_2 e impurezas relativamente alto. A menudo, el cordón contiene escorias. La soldabilidad del metal base debe ser buena, pues en caso contrario pueden

producirse grietas en caliente. Esta susceptibilidad es función de la acidez de la escoria y disminuye a medida que tiende a la neutralidad.

Destinados para soldar aceros normales de construcción, de resistencia inferiores a 48 Kg/mm². Se solía utilizar en juntas a tope o en V en calderería cuando se requería un buen aspecto del cordón. También por su facilidad en proporcionar cordones lisos en juntas en ángulo o solapadas. En este tipo de electrodos, que hace unas décadas dominaba el mercado, ha ido siendo sustituido progresivamente por los rutilos y básicos.

3. CONTAMINANTES PROVOCADOS POR LA SOLDADURA

Los soldadores se enfrentan diariamente a muchos riesgos generados por las emisiones peligrosas con las que trabajan, que eventualmente podrían acabar ocasionándole baja temporal por enfermedad o incluso la jubilación anticipada. Los distintos métodos de soldadura generan diferentes cantidades de humos cuyas concentraciones de sustancias peligrosas puede variar.

Los riesgos asociados con los diferentes procesos de soldadura y materiales con revestimiento podemos clasificarlos de la siguiente manera:

3.1. Físicos

Existe una gran variedad de agentes físicos durante el proceso de la soldadura y corte, que producen efectos o reacciones que van agravando la salud, tal como las altas temperaturas, vibraciones, radiaciones, incluyendo rayos UV, radiación por ionización IR y no ionización, chispas o salpicaduras, choques eléctricos y calor excesivo en el ambiente de trabajo. A continuación, se describirán los efectos que tienen a la salud.

3.1.1. Leves

Puede variar desde leves trastornos pasajeros hasta patologías graves, la gravedad depende de los contaminantes presentes y la cantidad inhalada.

3.1.1.1. Mareos

El mareo en el soldador es provocado por la intoxicación por monóxido de carbono y los síntomas suelen describirse como desvanecimiento, atontamiento, debilidad o inestabilidad. Los mareos que crean la falsa sensación de que tú o el entorno están girando o moviéndose se conocen como vértigo.

Estas sensaciones pueden desencadenarse o empeorarse al caminar, ponerse de pie o mover la cabeza. El mareo puede estar acompañado de náuseas, o ser tan repentino o intenso que necesitas sentarte o acostarte. Puede durar unos segundos o días, y puede repetirse.

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que, cuando se inhala, impide que la sangre transporte el oxígeno y no permite que los tejidos lo utilicen eficazmente. Una cantidad reducida no suele ser perjudicial; sin embargo, si las concentraciones de monóxido de carbono en sangre son demasiado elevadas, se produce una intoxicación. El monóxido de carbono desaparece de la sangre al cabo de unas horas. La intoxicación por monóxido de carbono puede ser causada por la ventilación inadecuada de zonas de trabajo.

3.1.1.2. Resequedad en la garganta

La exposición a humos o polvos de óxido de zinc puede causar resequedad e irritación de garganta, tos y un sabor metálico o dulce en la boca. Estos síntomas pueden progresar para dificultar respiración, aumentar dolores de cabeza, fiebre, escalofríos, vómito, náuseas, dolor de músculos, debilidad, fatiga y mucho sudor. El ataque puede durar de 6 a 48 horas y es más dado a ocurrir después de un periodo alejado del trabajo.

El humo y otras sustancias irritantes en el aire también pueden tener el mismo efecto, incluso si usted no padece de alergias. La fundación de asma y alergias de los EUA recomienda que quienes padecen de rinitis usen antihistamínicos o descongestionantes de venta con o sin receta para disminuir los síntomas de la alergia y aliviar la garganta seca.

La principal causa que genera la resequedad en la garganta es la sequedad de las membranas mucosas. Estas son las encargadas de recubrir, proteger y mantener húmedo todo el interior de nuestro cuerpo a través de la producción de mucosidad. Cuando estas membranas no son capaces de producir esta sustancia, por la práctica deportiva, por respirar por la boca, por permanecer en un lugar seco o por no ingerir la suficiente cantidad de líquidos, se produce sequedad en la garganta.

A pesar de todas las causas que hemos visto, no hay que alarmarse si en alguna ocasión se siente la garganta seca, puesto que es una sensación muy común. No obstante, si el cuadro se repite durante muchos días y la sequedad se acaba convirtiendo en dolor, se debe acudir al médico.

Para prevenir la resequedad en la garganta se pueden tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Hidratarse. Cuanto más hidratada esté la garganta, menos dolerá. Ingerir mucha agua y beber muchas infusiones tibias, sobre todo el té de jengibre y de salvia, te ayudará a humedecer las membranas mucosas.
- Hacer gárgaras. Con agua tibia y sal, animate a hacer gárgaras para limpiar la garganta y, así, aliviar la sensación de sequedad, dolor e irritación.

- La miel, funciona como un antiséptico y ayuda a rebajar la tos. Se puede añadir una cucharada al té verde y, de esta manera, conseguiremos hidratar la garganta y calmar la irritación.
- Tomar caramelos de limón o menta, ya que tienen propiedades balsámicas y mantendrán la garganta hidratada y favorecerán la generación de saliva.

3.1.2. Agudos

Definimos a estos efectos como una sobre exposición a una alta concentración de contaminantes durante un corto periodo de tiempo, que para el soldador podría ser una jornada laboral. Se dan en un momento puntual, por eso las diferenciamos de las intoxicaciones crónicas.

3.1.2.1. Irritación en los ojos

La irritación en los ojos es producida por los rayos ultravioleta que se generan al producir el arco eléctrico. El paciente expuesto a la radiación ultravioleta presenta dolor intenso, fotofobia, lagrimeo constante, blefaroespasma y sensación de cuerpo extraño en el ojo. La exposición constante a la luz ultravioleta sin la utilización del equipo protector adecuado puede ser causa de lesiones crónicas como queratoconjuntivitis y cataratas. Desde tiempos remotos ha sido bien reconocido el efecto dañino que la luz UV, puede causar a diferentes estructuras oculares. La luz UV es el origen más común de energía radiante que causa daño a los ojos.

Existen evidencias de que la radiación solar puede causar daños no sólo a la retina, como la mayoría de la gente lo sabe, sino también a otras importantes y delicadas estructuras oculares.

La severidad de la lesión y la rapidez con la cual se desarrolla depende de dos factores: Intensidad de la radiación y tiempo o duración de la exposición.

Estudios realizados han mostrado que 5 años de exposición constante a la RUV producen pérdida de sensibilidad en los fotorreceptores, que equivaldría a 30 años de envejecimiento normal en los conos para longitudes de onda corta. En las lesiones retinianas que aparecen por RUV, fase aguda, se observa clínicamente un edema macular y una congestión vascular alrededor de la fóvea. Esta desaparece en unas pocas semanas; en algunos casos puede ser que no se muestren signos oftalmoscópicos tardíos. En algunos casos puede observarse una lesión con aspecto de " agujero", pero es en realidad un quiste.

Tabla II. **Riesgos debido a las radiaciones UV-visibles**

Long. Onda de la radiación	Medio de absorción	EFECTO
$\lambda < 280 \text{ nm} *$	CÓRNEA CONJUNTIVA	<i>Son absorbidos por el aire no llegando normalmente al ojo</i>
$280 < \lambda < 330 \text{ nm}$	CÓRNEA CONJUNTIVA	<i>Una breve exposición causa conjuntivitis</i>
$330 < \lambda < 400 \text{ nm}$	CÓRNEA CRISTALINO	<i>Producen pigmentación de la piel sin otro daño. Abundan en la radiación solar</i>
$400 < \lambda < 480 \text{ nm}$	RETINA	<i>La observación directa de una fuente puntual intensa provoca deslumbramiento, que determinan lesiones retinianas más o menos irreductibles.</i>
$780 < \lambda < 1.400 \text{ nm}$	CRISTALINO IRIS, COROIDE RETINA	<i>Estas radiaciones penetran en el ojo humano transformándose en calor. Producen una acción lenta y acumulativa de opacidad del cristalino (catarata de vidriero)</i>
$\lambda > 1.400 \text{ nm}$	CÓRNEA MEDIO ACUOSO CONJUNTIVA	<i>Las radiaciones < 2000 nm producen el efecto del párrafo anterior pero más leve. Presentan gran absorción por el agua. Las radiaciones > 2 micras son paradas por la córnea sin causar daños.</i>

Fuente: LAZARO, Angela. *Seguridad e Higiene trabajando en soldadura.*

<http://fullseguridad.net/wp-content/uploads/2018/02/Seguridad-e-Higiene-en-Soldadura.pdf>.

Consulta: el 24 de marzo de 2021.

Figura 1. **Irritación en los ojos**



Fuente: LAZARTE, Víctor. *Lesiones en los ojos por soldadura*.

<http://weldingandmore.blogspot.com/2012/01/lesiones-en-los-ojos-por-los-rayos-de.html>.

Consulta: 8 de abril de 2021.

3.1.2.2. Fiebre de los metales

Es el trastorno agudo de la respiración más común que sufren los soldadores. Es una enfermedad similar a la gripe que dura de 24 a 48 horas. Típicamente es causada por exposición a humos de zinc, pero el cobre, magnesio y cadmio también se conocen como causantes de la fiebre por humos de metal. La exposición aguda a altas concentraciones de cadmio, sin embargo, puede ser más seria, produciendo irritación grave de los pulmones, edema pulmonar e incluso la muerte.

Suele producir síntomas similares a los producidos por la gripe:

- Fiebre.
- Mialgia.

- Sudoración.
- Temblores.

Signos de inflamación a nivel del tracto respiratorio:

- Dolor de articulaciones.
- Calambres musculares.
- Fatiga y malestar general.
- Dolor de cabeza, vómitos y sabor metálico.

Esta enfermedad se produce como consecuencia de la liberación de pirógenos por los macrófagos pulmonares, cuando se produce una lesión por parte de las partículas del compuesto metálico.

3.1.3. Crónicos

Se consideran efectos crónicos aquellos que se presentan como consecuencia de largos periodos de exposición a concentraciones moderadas de contaminantes, generalmente por encima de los Valores límites ambientales.

Estos efectos son los más característicos de la inhalación de todo tipo de humos de soldadura y se manifiestan tras largos años de trabajo, incluso finalizada la vida laboral, debido a su acumulación progresiva en el organismo o al proceso de deterioro de los órganos afectados. Estos daños, de naturaleza y gravedad variables, se corresponden con el concepto de “enfermedad profesional”.

3.1.3.1. Bronquitis

Se genera por la exposición a agentes irritantes en el lugar de trabajo. El riesgo de contraer bronquitis es mayor si trabajas cerca de ciertos irritantes pulmonares. La exposición a distintos tipos de humos de soldadura puede provocar distintos efectos en la salud. Si el soldador inhala gases, humos y vapores en grandes cantidades durante largos períodos, esto puede tener un efecto negativo en su salud.

La bronquitis es una inflamación del revestimiento de los bronquios que llevan el aire hacia adentro y fuera de los pulmones. Las personas que tienen bronquitis suelen toser mucosidad espesa y, tal vez, decolorada. Suele mejorar a la semana o a los diez días sin efectos duraderos, aunque la tos puede permanecer durante semanas.

Es muy frecuente y, a menudo, se produce a partir de un resfrío u otra infección respiratoria. La bronquitis crónica, enfermedad más grave, es una irritación o inflamación continua del revestimiento de los bronquios, en general, por fumar.

No obstante, si tienes episodios recurrentes de bronquitis, es posible que tengas bronquitis crónica, la cual requiere atención médica. La bronquitis crónica es uno de los trastornos de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

3.1.3.2. Asma

El asma ocupacional es aquel cuya causa se debe a la inhalación de humos químicos, gases, polvo, resina para soldaduras u otras sustancias en el trabajo. El asma ocupacional puede ser el resultado de la exposición a una sustancia a

la que seas sensible, por lo que causa una respuesta alérgica o inmunológica, o a una sustancia tóxica irritante.

Como otros tipos de asma, el asma ocupacional puede causar opresión en el pecho, sibilancias y dificultad para respirar. Las personas con alergias o con antecedentes familiares de alergias son más propensas a tener asma ocupacional.

Evitar los factores desencadenantes del asma ocupacional es una parte importante del control de la enfermedad. Caso contrario, el tratamiento del asma ocupacional es similar al tratamiento de otros tipos de asma y, a menudo, consiste en tomar medicamentos para reducir los síntomas. Si ya tienes asma, en ocasiones el tratamiento puede ayudar a evitar que empeore en el lugar de trabajo.

Si no se diagnostica correctamente y no estás protegido o no puedes evitar la exposición, el asma ocupacional puede causar daño permanente en los pulmones, discapacidad o la muerte.

Los síntomas del asma ocupacional son similares a aquellos provocados por otros tipos de asma. Entre los signos y síntomas pueden encontrarse los siguientes:

- Sibilancias, a veces solo por la noche.
- Tos.
- Falta de aire.
- Opresión en el pecho.

Otros signos y síntomas posibles pueden incluir:

- Resfrío.
- congestión nasal.
- Irritación de los ojos y lagrimeo.

Los síntomas del asma ocupacional dependen de la sustancia a la que estés expuesto, durante cuánto tiempo y con qué frecuencia estés expuesto, y otros factores. Tus síntomas pueden:

- Empeorar a medida que transcurre la semana laboral, desaparecer durante los fines de semana y las vacaciones y volver a aparecer cuando regresas al trabajo.
- Manifestarse tanto en el trabajo como fuera de este.
- Comenzar tan pronto estés expuesto a una sustancia que induce el asma en el trabajo o solo después de un período de exposición periódica a la sustancia.
- Continuar después de que ya no estés expuesto. Cuanto más tiempo estés expuesto a la sustancia que provoca el asma, más probable será que tengas síntomas de asma duraderos o permanentes.

3.1.3.3. Encefalopatía anóxica

Este tipo de lesión cerebral se produce por una privación, parcial llamada hipoxia o total, anoxia, del aporte de oxígeno al cerebro por un tiempo mayor del

que pueden soportar los mecanismos compensatorios encargados de evitar la muerte neuronal.

Producida por una inadecuada cantidad de oxígeno en el aire respirado, en el proceso de soldadura *SMAW*, se produce por los humos que se generan al soldar por el ejemplo el cianuro que proviene del recubrimiento de las piezas que se están soldando.

La absorción es por lo general muy rápida; segundos para la vía respiratoria y unos 30 minutos para la vía digestiva, y por lo tanto los efectos del cianuro se hacen patentes en pocos minutos, a excepción de aquellos casos en los que la intoxicación se produce por compuestos precursores del cianuro, como lo son los glucósidos cianógenos, o los nitrilos. En este último caso tras la absorción de dichos compuestos, estos deben metabolizarse hacia cianuro por lo que la clínica aparecerá con unas horas de retraso.

Tras la absorción el volumen de distribución del cianuro es de 1,5 l/kg produciéndose dicha distribución en unos minutos. El transporte se realiza en un 60 % unido a proteínas plasmáticas, una pequeña parte en hematíes y el resto de forma libre.

En los casos leves, la hipoxia causa solo distracción, trastorno en el juicio y movimientos descoordinados; mientras que, en los casos graves, se produce un estado de inconciencia y falta de reacción total, con supresión de los reflejos del tronco encefálico, incluyendo la respuesta a la luz y el reflejo de la respiración. Únicamente se mantiene la función cardiaca y la presión arterial y, en caso de persistir, es inevitable que se presente muerte cerebral.

El pronóstico depende del grado de la lesión cerebral, el cual se determina por el tiempo que el cerebro haya estado sin el suministro de oxígeno. La mayoría de los pacientes que tiene una recuperación completa experimentan un breve momento de inconciencia.

Cuanto más tiempo permanezca el paciente inconsciente, mayor será la posibilidad de que se presente la muerte o la muerte cerebral y menor la probabilidad de una recuperación significativa. Las complicaciones de la hipoxia cerebral pueden ser: estado vegetativo prolongado, en el cual se pueden preservar las funciones vitales básicas como la respiración, la presión arterial, el ciclo de sueño-vigilia y la capacidad de abrir los ojos, pero el paciente no está consciente ni responde al ambiente.

El estado vegetativo prolongado generalmente va seguido de la muerte en menos de un año, aunque en raras ocasiones puede durar más. Otras complicaciones dependen del grado de la función neurológica e incluyen: infecciones pulmonares como neumonía, nutrición inadecuada, úlceras de decúbito y coágulos en las venas.

3.1.3.4. Síndrome de párkinson

La inhalación de humos liberados por soldaduras podría ser un factor desencadenante de un inicio precoz del párkinson, el manganeso de los humos de soldadura puede afectar al cerebro y provocar alteraciones neurológicas relacionadas con esta enfermedad.

La enfermedad de Parkinson es una enfermedad progresiva del sistema nervioso que afecta el movimiento. Los síntomas comienzan gradualmente. A veces, comienza con un temblor apenas perceptible en una sola mano. Los

temblores son habituales, aunque la enfermedad también suele causar rigidez o disminución del movimiento.

En las etapas iniciales de la enfermedad de Parkinson, el rostro puede tener una expresión leve o nula. Es posible que los brazos no se balanceen cuando caminas. El habla puede volverse suave o incomprensible. Los síntomas de la enfermedad de párkinson se agravan a medida que esta progresa con el tiempo.

A pesar de que la enfermedad de Parkinson no tiene cura, los medicamentos podrían mejorar notablemente los síntomas. En ocasiones, el médico puede sugerir realizar una cirugía para regular determinadas zonas del cerebro y mejorar los síntomas.

Los signos y síntomas de la enfermedad de párkinson pueden ser diferentes para cada persona. Los primeros signos pueden ser leves y pasar desapercibidos. A menudo, los síntomas comienzan en un lado del cuerpo y usualmente continúan empeorando en ese lado, incluso después de que los síntomas comienzan a afectar a ambos lados.

Los signos y síntomas de la enfermedad de Parkinson pueden incluir los siguientes:

- Temblores. Un temblor, o una sacudida, generalmente comienza en una extremidad, a menudo en la mano o los dedos. Puedes frotar el pulgar y el índice de un lado a otro, lo que se conoce como temblor de la píldora. Tu mano puede temblar cuando está en reposo.
- Lentitud en los movimientos llamada bradicinesia. Con el tiempo, la enfermedad de Parkinson puede retardar tus movimientos, haciendo que

las tareas simples sean difíciles y lleven más tiempo. Puede que tus pasos sean más cortos cuando caminas. Puede resultar difícil levantarte de la silla. Puede que arrastres los pies mientras intentas caminar.

- Rigidez muscular. La rigidez muscular puede ocurrir en cualquier parte del cuerpo. Los músculos rígidos pueden ser dolorosos y limitar tu amplitud de movimiento.
- Alteración de la postura y el equilibrio. La postura puede volverse encorvada o puedes tener problemas de equilibrio como consecuencia de la enfermedad de párkinson.
- Pérdida de los movimientos automáticos. Es posible que tengas reducida la capacidad para realizar movimientos inconscientes, como parpadear, sonreír o balancear los brazos cuando caminas.
- Cambios en el habla. Puedes hablar suavemente, rápidamente, insultar o dudar antes de hablar. Tu habla puede ser en un solo tono en lugar de tener las inflexiones habituales.
- Cambios en la escritura. Puede resultarte cada vez más difícil escribir y tu letra puede parecer pequeña.

3.1.3.5. Síndrome de túnel Carpiano

El síndrome del túnel carpiano suele aparecer en individuos que realizan trabajos repetitivos con la muñeca, que requieren de una flexión mantenida de la misma.

Es una afección en la cual existe una presión excesiva en el nervio mediano. Este es el nervio en la muñeca que permite la sensibilidad y el movimiento a partes de la mano. El síndrome del túnel carpiano puede provocar entumecimiento, hormigueo, debilidad, o daño muscular en la mano y dedos.

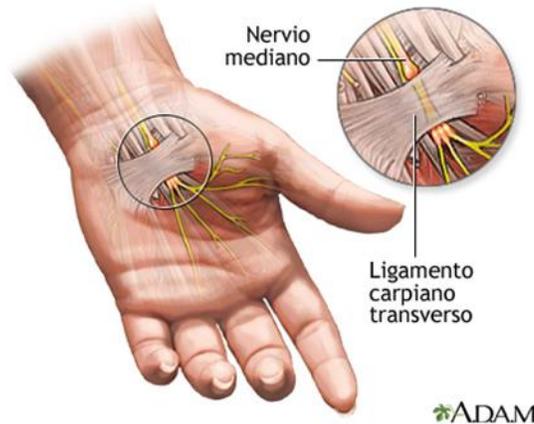
El nervio mediano proporciona sensación y movimiento al lado de la mano en el que se encuentra el dedo pulgar. Esto incluye la palma de la mano, el dedo pulgar, el dedo índice, el dedo medio, y el lado del dedo anular del lado del pulgar.

La zona en la muñeca donde el nervio entra en la mano se llama túnel carpiano. Este normalmente es angosto. Cualquier inflamación puede pellizcar al nervio y causar dolor, entumecimiento, hormigueo o debilidad. Esto se llama síndrome de túnel carpiano.

Algunas personas que presentan este problema nacieron con un túnel carpiano pequeño.

El síndrome del túnel carpiano también puede ser causado por hacer el mismo movimiento de la mano y la muñeca una y otra vez. El uso de herramientas manuales que vibran también puede llevar a este síndrome.

Figura 2. **Síndrome del túnel carpiano**



Fuente: Medlineplus. *Síndrome del túnel carpiano*. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000433.htm> Consulta:10 de febrero de 2021.

- **Prevención**

No hay estrategias probadas para prevenir el síndrome del túnel carpiano, pero se puede minimizar la tensión en las manos y muñecas con estos métodos:

- Reduce la fuerza y relaja el agarre. Toma descansos cortos y frecuentes. Estira y flexiona suavemente las manos y muñecas en forma periódica. Cuando sea posible, cambia de tarea. Esto es especialmente importante si se utiliza un equipo que vibra o que requiere que se ejerza una gran cantidad de fuerza. Incluso unos pocos minutos cada hora pueden tener un efecto positivo.
- Cuida tu posición. Evita doblar demasiado la muñeca hacia arriba o hacia abajo. Una posición media y relajada es lo mejor. Mantén el teclado a la altura del codo o ligeramente más bajo.

- Mejora tu postura. La postura incorrecta hace que los hombros se vayan hacia adelante, lo que acorta los músculos del cuello y los hombros, y comprime los nervios del cuello. Esto puede afectar a las muñecas, los dedos y las manos, y puede causar dolor en el cuello.

3.1.3.6. Neoplasia maligna de tráquea

Los elementos presentes en los procesos de soldadura como óxidos de hierro, cobre, cromo, níquel, manganeso, cobalto, aluminio, molibdeno, titanio, tungsteno y el vanadio, entre otros. Además de los aceros inoxidable de alta aleación ricos en cromo y níquel la sobre exposición a estos humos metálicos puede generar esta enfermedad.

El cáncer traqueal primario puede presentarse con signos y síntomas de obstrucción de la vía aérea, tos y hemoptisis o síntomas relacionados con la invasión de estructuras adyacentes y que llevan a la disfagia o la ronquera debido a una parálisis nerviosa recurrente. El cáncer de células escamosas se presenta usualmente con hemoptisis y se diagnostica en cuatro a seis meses desde el establecimiento de los síntomas, mientras que el carcinoma quístico adenoide crece lentamente y presenta disnea y sibilancias.

El diagnóstico erróneo o retrasado se produce por muchos factores. Primero, los síntomas inespecíficos son confundibles con muchas otras enfermedades. Segundo, el lumen de la tráquea es usualmente largo y con un importante reservorio, por ello se requiere que el tumor afecte el 50-75 % del diámetro antes de mostrar síntomas. Tercero, los carcinomas quísticos adenoides, y otros tumores benignos, crecen tan lentamente que tardan mucho en aparecer los síntomas.

Un factor de riesgo que establece una sospecha de cáncer de tráquea es que aparezcan síntomas respiratorios que no responden a tratamiento.

Para el correcto diagnóstico del cáncer de tráquea se requiere, no sólo una radiografía simple de tórax, sino completar estudio con TAC toraco-abdominal, en casos específicos incluso PET/TAC.

También es importante para este tipo de tumoraciones realizar una broncoscopia diagnóstica para la toma de biopsia y para valorar la extensión local del tumor.

El tratamiento de los tumores de tráquea y bronquios principales depende en gran medida de su localización y extensión. Dicho tratamiento ha comprendido desde la colocación de una prótesis hasta la resección con reconstrucciones complejas de la vía respiratoria.

La resección quirúrgica es el tratamiento de elección y, en algunos casos, se puede complementar con radioterapia adyuvante y quimioterapia.

3.1.3.7. Insuficiencia renal aguda

Los efectos tóxicos del Pb han sido reconocidos desde hace más de 2 000 años, ya que la ingestión del Pb era común entre los romanos. En la actualidad, la exposición a concentraciones elevadas de Pb ha disminuido debido al mejor control industrial.

En la actualidad se reconoce que contaminantes ambientales como el cadmio, el plomo y el arsénico tienen un papel importante en la génesis de la insuficiencia renal. Estudios epidemiológicos han demostrado la fuerte asociación

entre exposición a estos metales y la presencia de daño renal crónico. Los mecanismos fisiopatológicos de daño renal por metales son complejos y aún se desconocen varios aspectos de su metabolismo y mecanismos de daño en el organismo. Es objetivo de esta revisión analizar dichos mecanismos fisiopatológicos de daño renal por cadmio, plomo y arsénico.

El estudio de los efectos tóxicos de metales pesados en el ser humano ha cobrado particular importancia en los últimos 50 años debido a que grandes cantidades de estos productos fueron desechados como parte de la actividad industrial, no son biodegradables y persisten en el medio ambiente durante largos períodos de tiempo; por este motivo, y a pesar de que las estrictas medidas de control establecidas principalmente en Europa y Norteamérica disminuyeron el desecho de estos metales, niveles elevados de estos compuestos aún persisten en suelos y sedimento con la consecuente exposición crónica por parte de la población.

La insuficiencia renal aguda, también llamada lesión renal aguda, se desarrolla rápidamente, por lo general en menos de unos días, La insuficiencia renal aguda puede ser fatal y requiere de tratamiento intensivo. Sin embargo, la insuficiencia renal aguda puede ser reversible. Si, en cambio, gozas de buena salud, es posible que recuperes una función renal normal o casi normal

Entre los signos y síntomas de la insuficiencia renal aguda se incluyen los siguientes:

- Fatiga.
- Náuseas.
- Debilidad.
- Ritmo cardíaco irregular.

- Dolor u opresión en el pecho.

3.2. Químicos

La alta energía del arco eléctrico ocasiona un gran aumento de la temperatura en los materiales que se emplean en las técnicas de soldeo, lo que provoca una emisión de vapores metálicos y de fundentes, que contaminan el ambiente del soldador. El arco también puede producir gases tóxicos, como el ozono. Los humos de soldadura son una mezcla compleja de partículas y gases generados por el fuerte calentamiento de las sustancias presentes en el entorno del punto de soldadura:

- Las propias piezas por soldar.
- Los recubrimientos superficiales de dichas piezas.
- Los materiales de aporte.
- El aire en la zona de soldadura y su posible contaminación.

El acero inoxidable no suele llevar ningún recubrimiento superficial, y el material de aporte es muy parecido, en su composición, al material de base de las piezas.

Por otra parte, los gases utilizados en las técnicas de soldadura del inoxidable no son tóxicos ni reactivos, con lo que el problema de generación de contaminantes en el aire se suele reducir a los óxidos de nitrógeno y al ozono, problema compartido con los tipos de soldadura habituales del acero al carbono.

Sin embargo, procedentes del metal base de las piezas, son característicos del acero inoxidable los óxidos de hierro, manganeso, cromo, níquel, y en ocasiones molibdeno.

Los diferentes procesos de soldadura tienen distintas tasas de generación de humos y gases, pero la contaminación del ambiente que respira el soldador puede causarle problemas respiratorios y otras enfermedades, si la concentración de agentes químicos resultase elevada o el tiempo de exposición fuese excesivo.

Se trata de una disminución de la oxigenación de los tejidos por el efecto del monóxido de carbono y de nitrógeno sobre los glóbulos rojos de la sangre. Produce dolor de cabeza, aturdimiento y un malestar general que aumenta según aumenta la dosis inhalada pudiendo incluso provocar la muerte.

3.3. Biológicos

Entre los agentes más reconocidos causados por los procesos están las enfermedades patógenas o crónicas, en donde se incluyen los virus, bacterias, partículas y hongos. Dentro de los agentes de gravedad esta la enfermedad, pues dependiendo del número de microorganismos presentes en el trabajador consistirá su virulencia y sus defensas en contra del huésped; entre estas últimas se incluyen la edad, el estado de salud y las defensas inmunitarias. Algunas bacterias, como la del tétanos, producen exotoxinas que circulan y causan una parte de la piel con un material oxidado provocando la negatividad de las endotoxinas y algunas más como el bacilo de la tuberculosis inducen reacciones inmunitarias.

Los virus que son los organismos vivos más pequeños sobreviven como parásitos de las células vivan en que penetran, Infectan células específicas, en virtud de un mecanismo complejo, se reproducen en el interior de estas y después salen para invadir otro y continuar su reproducción. Estos son los efectos que se presentan por la falta de higiene y descuido del personal por no saber determinar,

ni realizar un informe que produjeron causas biológicas, para posteriormente pudiera ser atacado el problema.

3.3.1. Infertilidad

La exposición prolongada a temperaturas elevadas puede afectar la fertilidad masculina.

La función testicular es temperatura dependiente siendo regulada entre 2 °C y 4 °C por debajo de la temperatura corporal por el escroto, estructuralmente carente de tejido adiposo con una superficie apropiada para disipar el calor y contribuye además el cordón espermático que posee un sistema de intercambio de calor, que resulta en el pre-enfriado de la sangre arterial al arribar al testículo.

El calor tiene un efecto inhibitorio directo sobre la espermatogénesis. Las temperaturas elevadas son deletéreas para la producción de espermatozoides. En humanos el calentamiento del escroto a 43 °C durante 30 minutos provoca un aumento significativo en la muerte de células germinales y una disminución del 80 % en el número de espermatozoides en el eyaculado. Chemes y otros demostraron los efectos deletéreos del calor en estudios retrospectivos de panaderos y soldadores, concluyendo que la exposición ocupacional al calor es un factor de riesgo para la fertilidad masculina.

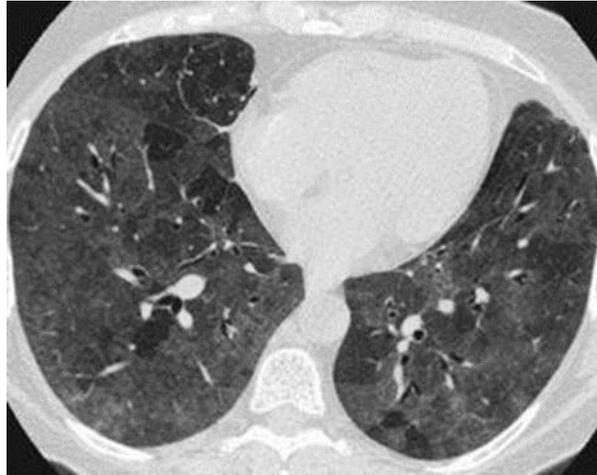
La exposición intermitente a fuentes que irradian calor o el contacto prolongado de los testículos con la temperatura corporal al permanecer muchas horas por día sentados, como ocurre con los choferes, altera la salud reproductiva masculina. Investigadores compararon la concentración de células germinales inmaduras en muestras seminales de hombres infértiles expuestos al calor y observaron aumento en la concentración de células germinales ya sea por

exposición a fuentes que irradian calor o permanecer muchas horas sentados, debido a la elevación de la temperatura escrotal por el contacto corporal prolongado, $p < 0,005$; no hallaron diferencias entre los promedios de grupos expuestos, $p = 0,2122$. El aumento de la temperatura testicular produce desórdenes en el desarrollo de la espermatogénesis y es disparador de eventos apoptóticos en las células del epitelio germinal y en los espermatozoides; desestabiliza y altera el ADN espermático en detrimento de la capacidad reproductiva masculina.

3.3.2. Alveolitis alérgica extrínseca

Es una enfermedad intersticial difusa granulomatosa ocasionada por la inhalación de una amplia variedad de productos orgánicos de procedencia muy diversa y casi siempre tiene un origen ocupacional. Recientemente se han descrito casos de AAE desencadenadas por sustancias de origen inorgánico. Algunos autores prefieren considerarlas como un síndrome o un grupo de enfermedades que comparten alteraciones inmunológicas, citológicas e histológicas similares, con independencia del antígeno involucrado, lo que sugiere una patogenia común.

Figura 3. **Alveolitis alérgica extrínseca**



Fuente: EISEVIER. *radiografía de tórax*. <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-familia-semergen-40-articulo-alveolitis-alergica-extrinseca-forma-presentacion-S1138359311004060>.

Consulta: el 10 de marzo de 2021.

Los rasgos más importantes de la enfermedad pueden glosarse en los siguientes puntos:

- Afectación bilateral y difusa de bronquiolos terminales, alvéolos e intersticio pulmonar.
- Inflamación constituida por un infiltrado celular mononuclear que frecuentemente deriva a la formación de granulomas y fibrosis.
- Presentación de la enfermedad con patrón agudo, subagudo o crónico.
- Detección en el suero de los pacientes de anticuerpos precipitínicos frente al antígeno responsable.

Algunas horas después del contacto con una fuente de polvo orgánico o de óxido de nitrógeno, aparece la clínica de un síndrome febril agudo de tipo gripal con mialgias que puede acabar en edema pulmonar agudo. No hay precipitinas

en el suero y la radiografía de tórax es generalmente normal. El síndrome suele ser autolimitado y no se observan secuelas clínicas ni radiológicas a largo plazo. Es un cuadro también similar a la inhalación masiva de humo de plásticos o metales, lo que lleva a denominar el síndrome como Fiebre de la Inhalación.

3.4. Psicosociales

Es una alteración en la estructura y dinámica de la colectividad que impide la existencia de un ambiente adecuado en el trabajo. Se considera como agente psicosocial, aquellos elementos socioculturales de una comunidad que en un momento dado pueden provocar desajustes emocionales y alteraciones de conducta, en un grupo de individuos considerados como huéspedes susceptibles.

3.4.1. Proceso de generación de humos y gases

El humo es uno de los primeros químicos en aparecer cuando se suelda o se corta. Se dice que un humo generado por la volatilización de sustancias de un metal fundido, con la subsiguiente condensación de partículas sólidas provenientes del estado gaseoso. El humo de la soldadura es una mezcla de partículas muy finas de vapores y gases. Muchas de las sustancias en el humo de la soldadura, tales como el cromo, níquel, arsénico, asbesto, manganeso, sílice, berilio, cadmio, óxidos de nitrógeno, fosgeno, acroleína, compuestos de flúor, monóxido de carbono, cobalto, cobre, plomo, ozono, selenio, y cinc pueden ser sumamente tóxicos.

El agente que genera más humo en este caso es el de los materiales de aporte, porque al ser sometido a elevadas temperaturas desprende ciertas partículas en forma gaseosa, normalmente tienen un diámetro menor que 1 micrómetro, que van contaminando el ambiente de trabajo.

Para esto, los humos no son las únicas fuentes de partículas transportadas por el aire, ya que los materiales de los flujos y de los metales de aporte usados en los procesos también están en forma de polvo como, por ejemplo, la soldadura por arco sumergido y la soldadura por horno entran en el aire como polvos fugitivos.

Dada la situación previa se debe saber que la composición química de los humos transportados por el aire generalmente refleja la composición elemental de los metales base, los de aporte y del flujo, pero algunos de los componentes del humo en ocasiones tienen diferentes compuestos. Todas esas concentraciones de diferentes componentes en los humos varían dependiendo de cada trabajo y de su proceso, por lo que será necesario que se determinen algunos de estos para saber los riesgos que está expuesto el trabajador.

La inhalación de humos y gases tóxicos producidos por el arco eléctrico es muy variable en función del tipo de revestimiento del electrodo o gas protector y de los materiales base y de aporte y puede consistir en exposición a humos de óxidos de hierro, cromo, manganeso, cobre, y gases como óxidos de carbono o de nitrógeno. Finalmente, puede ocurrir intoxicación por fosgeno cuando se efectúan trabajos de soldadura en las proximidades de cubas de desengrase con productos clorados o sobre piezas húmedas con dichos productos.

Las partículas de los humos de soldadura son inferiores a 1 μm , es decir, 0,001 mm de diámetro, cuando se producen. Pero aumentan de tamaño cuando las partículas se adhieren entre sí. Por tanto, con el tiempo las partículas tienen un tamaño de 1-7 μm . Las partículas de 1-7 μm de diámetro constituyen el mayor peligro de salud debido a su capacidad para penetrar profundamente en los pulmones y porque no se eliminan fácilmente por los cilios del tracto respiratorio. Las partículas visibles en la columna de humo son normalmente más pesadas,

es decir, partículas más grandes que se precipitarán rápidamente en superficies adyacentes como “caída de polvo”. Las partículas de la zona de respiración del soldador suelen ser de 2 μm o menos. Estas partículas más ligeras y pequeñas pueden quedarse en el aire durante varias horas si no se eliminan por ventilación.

Los humos y gases aparecen por reacción química de los diferentes componentes que intervienen en el proceso. Dependiendo del origen de las diferentes sustancias químicas potencialmente peligrosas tendrán diferentes características. Podemos destacar las siguientes fuentes:

- Producidos debido a la reacción del aire circundante.
- Producidos debido al material base.
- Producidos tras el recubrimiento del material base.
- Producidos a partir del material de aportación, del revestimiento o de los fundentes.
- Producidos debido los líquidos o gases que están contenidos en los depósitos a soldar.
- Producidos debido a los productos desengrasantes o los utilizados para limpiar el material base o el de aportación.

Los efectos a la salud causados por las exposiciones a la soldadura varían ampliamente porque los vapores pueden contener muchas sustancias diferentes que se sabe de antemano que son dañinas, dependiendo de los factores enlistados anteriormente. Los componentes individuales del humo de la soldadura pueden afectar muchas partes del cuerpo, incluyendo los pulmones, el corazón, los riñones y el sistema nervioso central. Los soldadores que fuman pueden tener un mayor riesgo de sufrir problemas de salud que los soldadores que no fuman, aunque todos los soldadores están en riesgo.

La exposición al humo de la soldadura puede tener efectos a corto y largo plazo en la salud como:

- La exposición a gases metálicos, como zinc, magnesio, cobre, y óxido de cobre, pueden causar fiebre de los humos metálicos. Los síntomas de la fiebre de los humos metálicos pueden ocurrir de 4 a 12 horas después de estado expuesto, e incluye escalofríos, sed, fiebre, dolores musculares, dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, cansancio, náusea, y un sabor metálico en la boca.
- El humo de la soldadura también puede irritar los ojos, la nariz, el pecho, y las vías respiratorias, y causar tos, dificultad para respirar, falta de aliento, bronquitis, edema pulmonar, es cuando existe líquido en los pulmones, y neumonitis que es una inflamación de los pulmones. Efectos gastrointestinales, tales como náusea, pérdida de apetito, vómitos, calambres, y digestión lenta también han sido asociados con la soldadura.

Los gases secundarios que son despedidos por el proceso de la soldadura también pueden ser extremadamente peligrosos. Por ejemplo, la radiación ultravioleta que es despedida al momento de soldar reacciona con el oxígeno y el nitrógeno en el aire para formar ozono y óxidos de nitrógeno. Estos gases son mortales en dosis altas, y pueden causar irritación en la nariz y la garganta, así como enfermedades serias de los pulmones.

3.4.2. Humos provenientes del metal base

El proceso de Soldadura produce la fusión, y por consecuencia, la volatilización de los metales que integran el metal base, dando lugar a diferentes

óxidos que, al reaccionar con el oxígeno del aire, se manifiestan como humos metálicos.

Estos contaminantes surgen sobre todo en aplicaciones de soldadura, corte y relleno donde hay presencia de materiales base como aceros al carbono, aceros inoxidable, aleaciones de acero, aluminio, plomo y bronce. Surgiendo óxidos de manganeso, hierro, níquel, cromo, plomo y cobre que a su vez generan daños desde alergias, síndrome de fiebre de vapor, hasta problemas en las vías respiratorias y riesgo de cáncer de pulmón.

Los trabajos de soldadura implican la exposición a humos metálicos y a ciertos gases, procedentes de los metales a soldar y electrodos, estos pueden ser muy perjudiciales para la salud. Aparte de efectos irritantes como el ozono, óxidos de zinc o intoxicaciones graves como el fosgeno, la acumulación de metales en el organismo procedentes de los humos de soldadura puede ser responsable de numerosas enfermedades graves y en algunos casos incrementar el riesgo de desarrollo de cáncer. La exposición a distintos tipos de humos de soldadura puede provocar distintos efectos en la salud. Si el soldador inhala gases, humos y vapores en grandes cantidades durante largos periodos, esto puede tener un efecto negativo en su salud.

Los humos metálicos son la suspensión en el aire de partículas sólidas procedente de una condensación del estado gaseoso originado por la fusión de metales; a menudo va acompañado de una reacción química de oxidación. Los humos de soldadura son una mezcla de partículas y gases generados por el fuerte calentamiento de las sustancias presente en el entorno del punto de soldadura o de oxicorte.

Los humos metálicos más corrientes son los óxidos de plomo, mercurio, zinc, manganeso, fierro y otros. Por su pequeño tamaño al ser inhalados se depositan en los pulmones, luego se disuelven y pasan a la sangre, pudiendo provocar una intoxicación generalizada.

3.4.3. Humos provenientes del recubrimiento del metal base

Los recubrimientos metálicos que poseen los metales base de los trabajos de soldadura son dañinos a la salud, cuando se genera la fusión del metal base con el material de aporte producen humos tóxicos que contienen óxidos de plomo, zinc y cadmio.

El fin más frecuente e importante de los recubrimientos metálicos es el de proteger a otros metales de la corrosión. Otros usos son: lograr un conjunto de propiedades diferentes que no están reunidas en un metal solo o fines decorativos.

La mayoría de los metales, expuestos a la acción del ambiente, sufren transformaciones fisicoquímicas que los degradan, reducen su utilidad y llegan a destruirlos. Los fenómenos que originan estos cambios se agrupan en el concepto de corrosión, o, con mayor amplitud, en el de deterioro de materiales. Para comprender mejor la importancia y la actuación de los recubrimientos metálicos conviene clasificar los metales disponiéndolos en orden decreciente de su tendencia a disolverse, es decir, de su potencial negativo, obteniéndose así la llamada serie de fuerzas electromotrices.

Si el recubrimiento es metálico se generarán los consiguientes óxidos, por otro lado, si se encuentra aceitado o engrasado, estos producirán productos derivados de su descomposición.

Entre los recubrimientos más comunes están: galvanizado, cromados, niquelado, así como químicos antioxidantes y pintura. Estos recubrimientos generan óxidos de plomo, zinc, cromo, níquel, cobre; monóxido de carbono, anhídrido carbónico, cloruro de hidrógeno, cianuro, formalina y fosgeno, provocando fatiga, dolores de cabeza, mareos y náuseas, asfixia, asma, reacciones alérgicas y daños en general en el sistema respiratorio, además de posibles afectaciones en la capacidad reproductora.

3.4.3.1. Galvanizado

El proceso de galvanizado es una técnica que se usa para proteger el acero de la corrosión, la corrosión la causa una tendencia inherente de los metales cuando son sometidos al aire y a la humedad, que tienden a volver a su forma terrenal original, normalmente un estado de mineral. Lo hacen a través de una reacción química o electroquímica con el medio ambiente.

El galvanizado consiste en la inmersión de piezas de acero en zinc fundido para protegerlas de la corrosión y potenciar su fortaleza mecánica a los golpes y a la abrasión. Muchos confunden el galvanizado con el cincado, y de hecho muchas fuentes hablan de ellos como sinónimos, pero se trata de técnicas distintas, determinadas por el uso que se le dará al material, y por eso se rigen por normas UNE diferentes.

Al soldar acero galvanizado, se liberan partículas de óxido de zinc, La exposición a grandes cantidades de vapores de óxido de cinc color verde amarillento causarán una intoxicación por soldadura de galvanizado, que comúnmente se denomina fiebre por vapores de metal. La magnitud de la exposición tendrá un impacto directo en la gravedad de los síntomas.

Los síntomas de la intoxicación por galvanizado son similares a los de la gripe. La fiebre por vapores de metal comienza poco después de la exposición al óxido de cinc y entre los síntomas se encuentran los dolores de cabeza leves y las náuseas. Si la exposición es mayor, los síntomas de la gripe comienzan a ser permanentes.

La exposición moderada al óxido de cinc provoca escalofríos, temblores, fiebre leve, vómitos y sudor frío. Cuando los síntomas enumerados se desencadenan, es tiempo de dejar de soldar y tomar aire fresco. Los síntomas pueden volverse extenuantes y quizás necesites descansar hasta que cesen.

Las fatalidades han estado asociadas con los casos extremos de intoxicación. Por lo tanto, cuando comienzan los síntomas de la fiebre por vapores de metal, debes detener la exposición de inmediato.

3.4.3.2. Niquelado

El niquelado consiste en la aplicación de una capa de níquel en la superficie de un objeto. La finalidad, generalmente, es mejorar la resistencia a la corrosión, o por cuestiones decorativas o como base para otros revestimientos galvanoplásticos.

Debido a sus características especiales el níquel está particularmente bien adaptado para muchas aplicaciones como metal de revestimiento. El níquel es resistente al aire, el agua, los ácidos y álcalis diluidos. El níquel no es resistente al ácido nítrico, ni al ácido clorhídrico o al amoníaco concentrado. Las superficies de níquel no son resistentes a la oxidación, es decir, puede causar la decoloración oscura con el tiempo. El níquel es de un color plateado, pero difiere de las superficies de cromo con un característico color amarillento pálido.

Los recubrimientos de níquel se caracterizan por su aspecto ligeramente inferior de recubrimientos de cromo, una menor resistencia a la corrosión y menor resistencia mecánica, pero que son más baratos.

El níquel se suele emplear más a menudo con objetos de acero. Un recubrimiento duradero se consigue mediante un primer revestimiento con una gruesa capa de cobre, como capa intermedia para mejorar adherencia del acero y el níquel.

El efecto adverso más común de la exposición al níquel en seres humanos es una reacción alérgica. Aproximadamente entre un 10 % y 15 % de la población es sensible al níquel. Las personas pueden sensibilizarse al níquel cuando hay contacto directo prolongado de la piel con joyas u otros artículos que contienen níquel. Una vez que una persona se ha sensibilizado al níquel, el contacto adicional con el metal producirá una reacción. La reacción más común es un salpullido en el área de contacto. El salpullido también puede aparecer en un área lejos del sitio de contacto. Con menor frecuencia, algunas personas que son sensibles al níquel sufren ataques de asma luego de exposición al níquel. Algunas personas sensibilizadas reaccionan cuando ingieren níquel en los alimentos o el agua o cuando respiran polvo que contiene níquel.

En trabajadores que respiraron polvo que contenía altos niveles de compuestos de níquel durante el trabajo en refinerías de níquel o en plantas de procesamiento de níquel se observó un aumento de cáncer de los pulmones y de los senos nasales. El Departamento de Salud y Servicios Humanos, DHHS, ha determinado que es razonable predecir que el níquel metálico es carcinogénico y que los compuestos de níquel son sustancias reconocidas como carcinogénicas.

3.4.3.3. Cromado

El cromado es la técnica de depositar mediante galvanoplastia una fina capa de cromo sobre un objeto de otro metal o de plástico. La capa de cromo puede ser simplemente decorativa, proporcionar resistencia frente a la corrosión, facilitar la limpieza del objeto, o incrementar su dureza superficial.

El Cromo es conocido porque causa varios efectos sobre la salud. Cuando es un compuesto en los productos de la piel, puede causar reacciones alérgicas, como es erupciones cutáneas. Después de ser respirado el cromo puede causar irritación de la nariz y sangrado de la nariz.

La inhalación de polvos o humos que contengan cromo hexavalente produce irritación de las mucosas. Con efectos bien conocidos la aparición de rinorrea, estornudos, dolor y ardor nasal, lesiones del tabique nasal, irritación e hiperemia de la garganta y broncoespasmo generalizado. En algunos casos puede aparecer sensibilización, que origina ataques asmáticos típicos que se repiten en las siguientes exposiciones. Se han descrito síntomas tales como tos, disnea, cefalea y dolor retroesternal en un hombre expuesto durante varios días a una niebla de ácido crómico a concentraciones de 20 – 30 mg/m³. En dicho caso, en la auscultación existían roncus y crepitantes húmedos diseminados en ambos campos pulmonares. En casos severos puede presentarse edema pulmonar. Por sensibilización puede presentarse hiperreactividad bronquial simultáneo con dermatitis alérgica.

3.4.4. Gases y vapores de la transformación térmica

Los gases y humos son una mezcla variada de gases transportados por el aire y partículas finas, la composición de esta depende del método de soldadura

y los productos que se están soldando. Estos afectan más que otros, por lo que es fundamental que los operarios de soldadura conozcan estos factores de riesgo y utilicen elementos de protección para mitigar diferentes enfermedades que se pueden generar.

Los gases que se generan en soldadura son: Monóxido de carbono, fluoruro de hidrógeno, óxido de nitrógeno, ozono, entre otros. La inhalación continua de estos gases produce irritación en los ojos y en las vías respiratorias, las altas concentraciones pueden causar daños en los pulmones y el corazón.

Para protegerse de manera adecuada se debe analizar la fuente que está generando los gases o humos, en el caso de la soldadura se debe eliminar restos de pinturas y revestimientos de la zona a soldar en materiales contaminados por pinturas y aceites. Además, revisar cual es el proceso de soldadura más adecuado y que no genere tanta contaminación.

3.4.4.1. Monóxido de carbono

Las exposiciones de monóxido de carbono CO a menudo son resultado de la reducción de dióxido de carbono CO₂ usado para protegerse de la soldadura por arco gas metal. A menudo las concentraciones son aproximadas a las 3 000 ppm, partículas por millón, mientras hay exposiciones de CO₂ cercanas a las 1 400 ppm durante la soldadura por arco gas metal. Las exposiciones de CO, es muy alta en la soldadura por arco de gas metal. En la mayoría donde se ocupa el CO las lecturas tienen un CO basadas sobre 50 ppm, y en lecturas de la cresta son de 150 ppm. Para la soldadura por arco gas metal, las concentraciones de CO aumentan, así como el porcentaje de dióxido de carbono.

Si se respira, aunque sea en moderadas cantidades, el monóxido de carbono puede causar la muerte por envenenamiento en pocos minutos porque sustituye al oxígeno en la hemoglobina de la sangre. Tiene una afinidad por el grupo hemo 250 veces mayor que el oxígeno. Una vez respirada una cantidad bastante grande de monóxido de carbono, teniendo un 75 % de la hemoglobina con monóxido de carbono, la única forma de sobrevivir es respirando oxígeno puro. Cada año un gran número de personas pierde la vida accidentalmente debido al envenenamiento con este gas.

3.4.4.2. Óxido de nitrógeno

Un arco de soldadura o una temperatura muy alta por soldadura por llama puede causar que el oxígeno y el nitrógeno en el aire se combinen y forme óxidos de nitrógeno peligrosos. Se ha descubierto que hay dióxido de nitrógeno, NO₂, en la soldadura por arco eléctrico, soldadura de arco metálico, soldadura por oxiacetilénico.

Los electrodos de tungsteno producen de 0,3 a 0,5 ppm de óxidos de nitrógeno con helio protegido y 2,5 a 3,0 con argón protegido, obteniéndose altas concentraciones para ambos.

Todos los óxidos de nitrógeno son muy peligrosos, por la razón de lo insidioso de su actuación y dada a la naturaleza de estos compuestos hay poco aviso a los trabajadores expuestos a los mismos. Las personas que trabajen en este ambiente pueden inhalar cantidades de estos gases sin advertirlo y resultar lesionados gravemente e inclusive resultar muertas. Pues no ha sido muy infrecuente el que se produzcan ocasiones en donde los trabajadores se han visto expuestos a estos gases y sentirse bien durante todo el día de la exposición, pero al día siguiente pueden resultar muertos por un edema pulmonar. Por lo

tanto, todas las concentraciones mayores a 100 ppm deben ser reportadas con el personal correspondiente para su mejor control.

Los vapores son metales en condición gaseosa; los más comunes son: aluminio, berilio, óxidos de cadmio, hierro y zinc, cromo, cobre, molibdeno, níquel, vanadio, plomo y manganeso. Estos vapores de soldadura contienen contaminantes que pueden dañar las vías respiratorias, los pulmones y el sistema nervioso e incluso provocar cáncer, los daños son muy graves. En muchos casos los síntomas pueden tardar meses e incluso años en manifestarse.

3.4.5. Humos provenientes del aire y sus impurezas

Están los contaminantes que surgen por las impurezas que se encuentran en el aire al momento de las tareas de soldadura y corte.

Ya que sabemos cómo se originan estas partículas es importante recordar que debido a su tamaño menor a 1 μm son fáciles de introducirse en el cuerpo humano y penetrar en los pulmones, así como llegar al torrente sanguíneo y al cerebro. Por supuesto la cantidad de humos inhalados por el soldador o las personas cercanas al área de soldadura depende de diversos factores como el tipo de aplicación y la producción de humos que ocasiona, la posición que mantenga el soldador con respecto al punto de soldadura, la ventilación con que cuenta el área y la protección individual que se esté usando.

Todo lo anterior sumado a la gran cantidad de estas partículas que se encuentra en los humos de soldadura, hace imprescindible que sean extraídos correcta y eficazmente.

El aire que respiramos se compone de una mezcla de nitrógeno y oxígeno, el más importante para los seres vivos, pero también contiene gases nobles como el argón, neón, criptón o helio además de dióxido de carbono y vapor de agua.

De ellos, incluso podríamos diferenciar entre los gases que son inhalados en el proceso respiratorio como el nitrógeno, el oxígeno y algunos gases nobles como el argón, de aquellos que son expulsados al respirar o exhalar el aire, como el dióxido de carbono.

Además, y debido a la contaminación atmosférica y la contaminación generada por la actividad humana, el aire que respiramos contiene una serie de contaminantes como:

- Ozono: proviene de otros contaminantes denominados “precursores” y que son producidos por el tráfico, la industria o los sistemas de climatización. Estos contaminantes precursores se transforman en ozono, en presencia de radiación solar.
- Monóxido de carbono: es un gas sin olor ni color, pero muy contaminante y perjudicial para la salud.
- Plomo: está presente en el aire, en forma de partículas finas, en las zonas urbanas. Su origen puede ser diverso; desde pilas o baterías hasta residuos industriales e incluso puede estar presente en el humo del tabaco.
- Partículas en suspensión o material particulado: son una serie de diminutos cuerpos sólidos o de gotitas de líquidos dispersos en la atmósfera. Son generadas a partir de la actividad humana, como la quema

de carbón para producir electricidad o por medios naturales, como por ejemplo la actividad volcánica.

- **Arsénico:** es una sustancia tóxica liberada tanto por ciertas actividades humanas como de forma natural por la corteza terrestre.
- **Asbestos:** también llamado amianto es el nombre de un grupo de minerales fibrosos que están presentes en la naturaleza y son resistentes al calor y la corrosión. La inhalación de estas fibras de asbesto, que pueden quedar fijadas en los pulmones, produce importantes problemas de salud.
- **Benceno:** es uno de los productos químicos más utilizados ya que se emplea en la elaboración de resinas, plásticos, lubricantes, gomas, detergente incluso para producir pesticidas y ciertos medicamentos. También puede tener origen natural, por ejemplo, en el petróleo crudo y en incendios forestales. El humo del tabaco y la gasolina, también contienen benceno.
- **Metano:** es un gas de efecto invernadero cuyas principales fuentes de emisión son los combustibles fósiles, las explotaciones agropecuarias, y los vertederos.
- **Dióxido de azufre:** Es un gas que se origina sobre todo durante la combustión de carburantes fósiles principalmente carbón y derivados del petróleo.

En definitiva, aunque la contaminación atmosférica puede en algún caso tener origen natural, lo cierto es que la actividad humana es la forma de

contaminación más perjudicial hoy en día. Industrias, motores de combustión, y productos químicos. resultado del avance de nuestra sociedad y de nuestro estilo de vida están provocando un deterioro cada vez mayor en la calidad del aire que respiramos.

4. GUÍA DE HIGIENE INDUSTRIAL

4.1. Control de ventilación en el proceso

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

Mediante la ventilación deben conseguirse dos objetivos:

- El primero y fundamental es evitar al máximo que los humos recién generados se dirijan a las vías respiratorias del soldador. Para ello normalmente será necesario aplicar la ventilación localizada.
- El segundo es evitar que en el ambiente general del local lleguen a alcanzarse concentraciones significativas de contaminantes. Esto se conseguirá mediante la ventilación General.

4.1.1. Ventilación localizada

La ventilación localizada consiste en crear corrientes de aire que actúen directamente sobre el foco de contaminación, generalmente aspirando los humos de soldadura, lo que se conoce como “extracción localizada”, o más raramente en casos especiales, expulsándolos hacia una zona sin exposición lo que se denomina “ventilación por dilución o por soplado”.

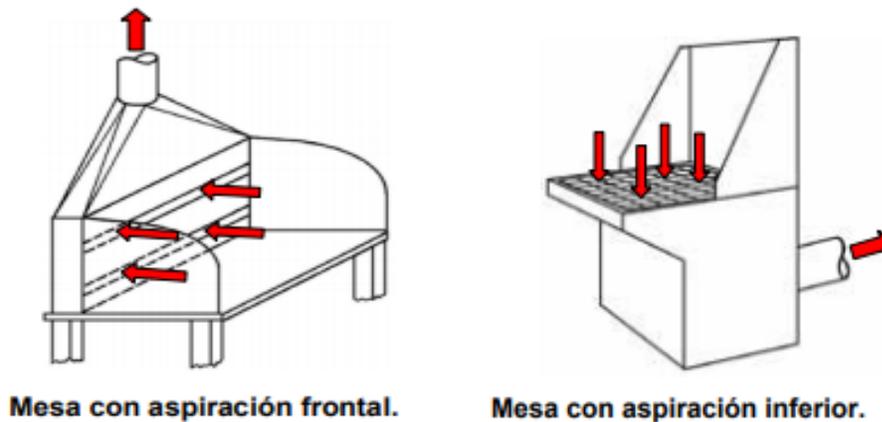
La extracción localizada es el método básico para solucionar los problemas de contaminación por humos de soldadura, existiendo diferentes sistemas de aplicación, cuya selección depende de las características de las condiciones de trabajo: proceso de soldadura; dimensiones, geometría y ubicación de las piezas; frecuencia de las operaciones; pudiendo señalarse como más habituales los siguientes:

Cuando el soldador realiza su trabajo sobre una mesa fija, operando repetitivamente sobre piezas que por sus dimensiones y pesos pueden manejarse manualmente, la ventilación más adecuada suele consistir en instalar en el fondo de la mesa, frente al operario, una campana de aspiración de ranuras de tiro horizontal.

La eficacia de captación depende en gran manera de la distancia de las ranuras de aspiración a los puntos de soldadura.

Cuando se trata de soldar piezas pequeñas, varillaje, mallados y similares, puede convenir utilizar mesas con la superficie de apoyo enrejillada, aplicando aspiración con tiro descendente a través de la misma.

Figura 4. **Mesas de soldadura con aspiración**



Fuente: Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. *El soldador y los humos de soldadura*. https://www.osalan.euskadi.eus/s94-contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/adjuntos/EI%20%20Soldador.pdf.
Consulta: 14 de febrero de 2021.

4.1.2. **Ventilación general**

Cómo ya se ha dicho, la contaminación generada por las operaciones de soldadura debe controlarse mediante la ventilación localizada, impidiendo que los humos afecten directamente al soldador. No obstante, siempre es de esperar que parte de estos humos se difundan al ambiente contaminándolo progresivamente en mayor o menor grado según las condiciones de trabajo y afectando a todo el personal presente en el local de trabajo.

Para mantener estos efectos en niveles aceptables es necesario recurrir a la ventilación general de los locales procurándoles una renovación del ambiente total acorde con el grado de contaminación que se pueda llegar a alcanzar.

En determinadas ocasiones bastará con un buen sistema de ventilación natural, pero dado que su eficacia está condicionada a factores no controlables,

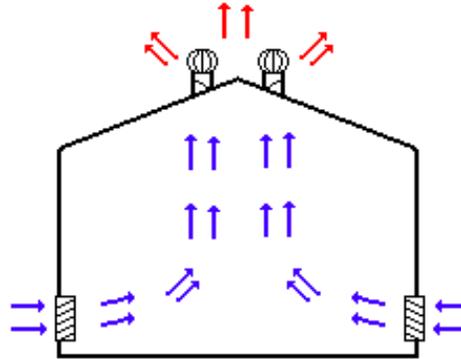
fundamentalmente los climatológicos como dirección del viento y temperatura exterior. En general será necesario disponer de un sistema de ventilación mecánica adecuado.

La ventilación mecánica se basa en conseguir una renovación del ambiente total del local mediante corrientes de aire estratégicas creadas mediante ventiladores que extraigan el aire interior, introduzcan el aire exterior, o produzcan una combinación de ambos efectos. Estos ventiladores pueden estar instalados de forma aislada en techos y paredes, o estar integrados en sistemas de conducciones de distribución.

Conviene señalar que una buena parte de la contaminación general de los locales podría evitarse con un adecuado diseño inicial de los puestos de trabajo, contemplando aspectos tales como:

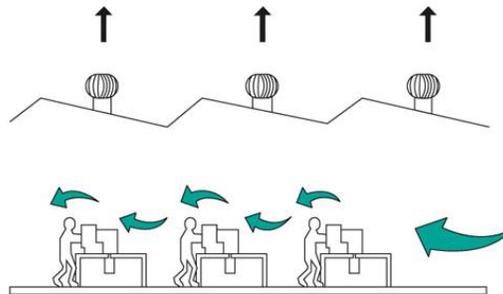
- Selección de un local de dimensiones adecuadas.
- Distribución favorable de los puestos de soldadura.
- Aislamiento de la sección de soldadura del resto de puestos de trabajo.

Figura 5. **Ventilación general**



Fuente: MUNDO HVAC&R. *Ventilación Industrial una Necesidad para Preservar la Salud de sus Empleados*. <https://www.mundohvacr.com.mx/2006/02/ventilacion-industrial-una-necesidad-para-preservar-la-salud-de-sus-empleados/>. Consulta: 25 de enero de 2021.

Figura 6. **Ventilación general forzada**



Fuente: INTENSITY. *Ventilación forzada*. <https://intensity.mx/es/blog/tipos-de-ventilacion>. Consulta: 25 de enero de 2021.

4.2. **Posición del soldador al soldar**

El esfuerzo físico es parte esencial de toda actividad laboral; sin embargo, es necesario tener en cuenta que realizar algunas acciones durante ocho horas puede ser causa de lesiones laborales que pueden llegar a generar alteraciones

por sobrecarga en las distintas estructuras del sistema osteomuscular a nivel de los hombros, la nuca o los miembros superiores. Por este motivo, es necesario conocerlas y tomar medidas preventivas para evitarlas. Estas acciones pueden ser del siguiente tipo:

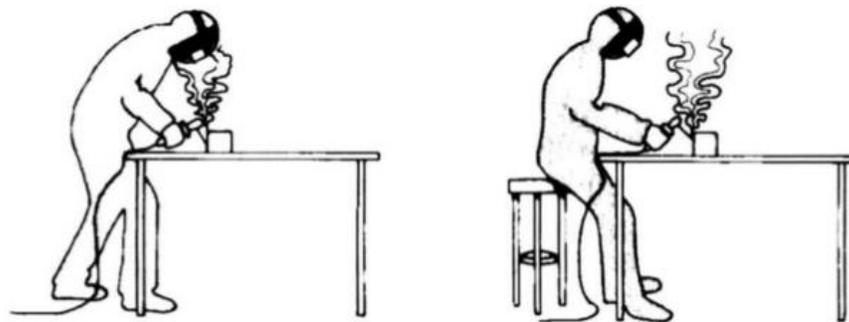
- Mantenimiento de una misma postura de pie o sentado, que suponga una contracción muscular continua de una parte del cuerpo.
- Ejecución de movimientos rápidos de forma repetida, aun cuando no supongan un gran esfuerzo físico.
- Realización de esfuerzos más o menos bruscos con un determinado grupo muscular durante la manipulación manual de cargas.

Los soldadores tienen una alta incidencia de quejas musculoesqueléticas, incluyendo lesiones de la espalda, dolor de hombros, tendinitis, reducción de fuerza muscular, síndrome de túnel carpiano, síndrome de Raynaud, también conocido como síndrome de dedo blanco y enfermedades de las coyunturas en las rodillas. Las posturas al trabajar, especialmente el soldar arriba de la cabeza, las vibraciones, y levantar cosas pesadas, pueden todas contribuir a estas afecciones. Estos problemas se pueden prevenir al aplicar las siguientes técnicas correctas para levantar objetos:

- No trabaje en una sola posición por largos períodos de tiempo.
- Mantenga el trabajo a una altura cómoda.
- Use un reposapiés cuando esté de pie por largos períodos de tiempo.
- Guarde las herramientas y materiales en lugares que sean fáciles de acceder.
- Minimice las vibraciones.

Se adopta una posición en la que su cabeza no este directamente sobre el humo, de esta manera la cantidad de contaminantes inhalados sera mucho menor:

Figura 7. **Posición del soldador**



Fuente: MEDINA, Leoncio. *Seguridad e Higiene*.

<https://es.slideshare.net/AreaDeProduccion/soldadura-oxigas>. Consulta: 4 de marzo de 2021.

4.3. Equipo de protección adecuado

Cuando se realiza una soldadura al arco, durante la cual ciertas partes conductoras de energía eléctrica están al descubierto, el operador tiene que observar con especial cuidado las reglas de seguridad, a fin de contar con la máxima protección personal y también proteger a las otras personas que trabajan a su alrededor. En la mayor parte de los casos, la seguridad es una cuestión de sentido común. Los accidentes pueden evitarse si se cumplen las siguientes reglas de protección personal.

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

- Casco de soldar: protege los ojos, la cara, el cuello y debe estar provista de filtros inactínicos de acuerdo con el proceso e intensidades de corriente empleadas. Existen distintos tipos de cascos entre ellos están:

Figura 8. **Casco de soldador**



Fuente: REINSOL. *Materiales de protección personal*. <https://www.reinsol.es/productos/materiales-de-proteccion/proteccion-personal/>. Consulta: el 23 de marzo de 2021.

- Careta de mano: Estas pantallas de soldar son muy prácticas para los trabajos de punteado, especialmente cuando se trabaja en pareja. También es cierto que hace falta coger algo de destreza, porque, aunque te parezca mentira, es muy fácil que te den los fognazos antes de que te hayas cubierto la cara. Esta falta de destreza origina en gran medida las quemaduras en los ojos a los iniciados en la soldadura. Pues es fundamental coger una coordinación básica y antes de cebar el electrodo, tener cubierto el rostro.

Sus características son bastante sencillas, la principal de este grupo es que está provista de un mango o empuñadura de sujeción para poder trabajar. Suelen ser ligeras de peso y muy manejables, fabricadas con distintos materiales como: fibra de vidrio, fibra vulcanizada, poliamida con fibra de vidrio.

Todas tienen en común que están provistas de cristales inactínicos de distintos DIN, entre 9 y 13 habitualmente, estos son los cristales oscuros, cuanto mayor sea el número, más oscuro será.

- Careta de soldar automática: El avance tecnológico ha conseguido que los operarios puedan realizar su trabajo de una forma mucho más segura, prueba de ello son las caretas automáticas, capaces de oscurecer la visera mediante cargas eléctricas, proporcionadas con energía solar o batería de litio.

La ventaja de las primeras es que no existe la necesidad de estar continuamente revisando el nivel de batería. Tienen una vida útil bastante extensa.

- Careta de soldar electrónica: Este tipo de máscaras son perfectas si no se quiere estar continuamente quitándose la careta para comprobar que el trabajo se está realizando correctamente. En su visor están incorporadas células fotosensibles, capaces de regular la luz que se filtra en él, dependiendo de la luminosidad que exista en el momento de realizar la soldadura.

Así, cuando comienzan a saltar chispas, el visor se oscurece automáticamente, evitando que los ojos se dañen. Una vez se deja de soldar, poco a poco la pantalla va volviendo a recuperar su luminosidad natural.

- Careta de soldar con respirador: Gracias al respirador con el que están incorporadas, ofrecen una solución muy sencilla y eficaz cuando se va a realizar un trabajo que requiera estar varias horas

soldando. De este modo, la respiración no se verá perjudicada por las partículas de polvo.

- Guantes de cuero: Protegen las manos y la ropa de trabajo de quemaduras y partículas incandescentes. Deben tener costuras interiores para evitar la retención de partículas incandescentes y mantenerse totalmente secos.

Figura 9. **Guantes de cuero**



Fuente: REINSOL. *Materiales de protección personal*. <https://www.reinsol.es/productos/materiales-de-proteccion/proteccion-personal/>. Consulta: el 23 de marzo de 2021

- Mandil de cuero: Protege de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco. La mayoría de los mandiles para soldador están confeccionados en cuero de primera calidad, todos homologados para soldadura según la norma EN ISO 11611.

Este tipo de material de origen animal, que además viene reforzado y de grosor considerable, será como tu escudo que cuidará desde tu cuello hasta tus rodillas, dependiendo del modelo que vayas a elegir.

Ten en cuenta que este tipo de batas, no deben lavarse y es aconsejable resguardarla de la humedad, ya que si el material se suda o se moja y coincide con un alto nivel de oxígeno en el aire, sus propiedades de

protección contra llamas o arco eléctrico pudieran verse mermadas, elegir bien siempre lo que necesitas para realizar una determinada actividad es indispensable al momento de querer estar protegido, porqué de otra manera, si eliges una indumentaria que no esté acorde con el evento, puede que la protección no sea suficiente y tu integridad física corra peligro.

De igual manera pasa con las batas, hay soldadores que si bien buscan protección, cometen el error de usar cualquier mandil, muchos confeccionados en tela y otros elementos como materiales sintéticos que más allá de resguardar mediocrementemente el uniforme, su uso más bien representa un peligro mayor.

Por esta razón el material indicado, que incluso se ha estudiado, analizado y probado es el cuero de primera. Elaborado bajo estrictas normativas de seguridad representada en sus uniformes tejidos que le otorgan el título de uno de los mandiles más fuertes y resistentes de la industria.

Figura 10. **Mandil de cuero**



Fuente: Soldadora invertir. *Equipo de protección personal*. <https://www.soldadorainverter.org/equipo-de-proteccion-personal/>. Consulta: 24 de marzo de 2021.

- Ropa de trabajo piroretardante: Evita la exposición del cuerpo a las radiaciones no ionizantes que se generan y deben limitar/minimizar el riesgo de quemaduras. Debe ser de pura lana o algodón ignífugo, ambos tejidos se carbonizan, al contrario que las fibras sintéticas que cuando arden se derriten dando lugar a quemaduras muy graves. Para evitar incendios derivados de la retención de partículas incandescentes, las mangas serán largas, con los puños ceñidos a la muñeca, los pantalones no deben tener dobladillo y nunca se llevarán por dentro del calzado. Además, es conveniente evitar los bolsillos exteriores y en caso contrario debe dotarse a los mismos de tapeta.

También es recomendable un collarín que proteja el cuello. No debe utilizarse ropa manchada de grasa, disolventes o cualquier otra sustancia inflamable. La ropa utilizada en trabajos de soldadura eléctrica debe estar libre de elementos metálicos como cremalleras y corchetes. Asimismo, hay que tener en cuenta que la ropa húmeda o sudada se hace conductora por

lo que debe ser cambiada. Cuando es necesario hacer soldadura en posiciones vertical y sobre cabeza, deben usarse estos aditamentos, para evitar las severas quemaduras que puedan ocasionar las salpicaduras del metal fundido.

Figura 11. Ropa pirorretardante



Fuente: REINSOL. *Materiales de protección personal*. <https://www.reinsol.es/productos/materiales-de-proteccion/>. Consulta: el 23 de marzo de 2021.

- Polainas o escaarpines: Los escaarpines de soldador están diseñados y fabricados para ofrecer una perfecta protección contra el riesgo de proyecciones de metales fundidos y partículas incandescentes ocasionadas en operaciones de soldadura y similares. Los escaarpines están confeccionados con materiales de primera calidad que no producen efectos nocivos sobre la seguridad e higiene del usuario. Los escaarpines están concebidos para proteger los pies del usuario. Su sistema de sujeción permite que éste pueda adaptarse a las diferentes fisonomías de los usuarios.

Los escaarpines son ideales para trabajar perfectamente protegido contra el riesgo de proyecciones de metal fundido o partículas incandescentes producidas durante operaciones de soldadura, o cualquier tipo de trabajo

que presente riesgos comparables. Los escarpines evitan la propagación de la llama cuando entra en contacto accidental con ella.

Figura 12. **Escarpines**



Fuente: REINSOL. *Materiales de protección personal.*

<https://www.reinsol.es/productos/materiales-de-proteccion/>. Consulta: 23 de marzo de 2021.

- Zapato de seguridad: Con puntera reforzada para minimizar los riesgos derivados de caídas de objetos pesados, plantilla reforzada si son previsibles las pisadas sobre objetos punzantes y suela aislante es saber imprescindible si se va a trabajar sobre superficies o estructuras metálicas.

Figura 13. **Calzado para soldador**



Fuente: COLIMPO. *Calzado de trabajo industrial.* <https://colimpo.com.ec/seguridad-en-el-trabajo/>. Consulta: 24 de marzo de 2021.

- Gorra de protección: Protege el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hace soldadura en posición vertical. La

protección del operario es uno de los aspectos que más preocupa y en el caso del soldador se trata de un tema especialmente delicado, ya que está expuesto a sufrir accidentes tales como quemaduras.

A la hora de elegir un gorro de soldador hay que tener en cuenta varios aspectos importantes, como por ejemplo el tipo de material que se está soldando: de ello dependerá el tipo de accidente al que está expuesto el operario. Por ejemplo:

- Generación de radiaciones.
- Generación de gases y humos tóxicos provenientes de los metales a soldar.
- Debido a operaciones complementarias: cepillado, amolado, desbarbado.
- Según el entorno de trabajo: trabajos de altura, en espacios confinados.
- Por quemaduras, los más comunes: proyección de chispas o partículas de metal fundido, contacto con electrodos al reemplazarlos.

Los gorros de soldador aptos para evitar quemaduras, ya que son el accidente más común. Los tipos de gorros que podemos encontrar en el mercado son pañuelos, gorras y capuchas, también llamadas monjas. En los tres casos, las características del gorro de soldador deben ser:

- Realizado en materiales retardantes de la llama.
- Creado en un material ligero.
- Que aporte comodidad al usuario.

- Diseñado de manera que los materiales interiores mantengan fresco al usuario.
- Con apertura y cierre cómodos.

Figura 14. **Gorra de protección**



Fuente: REINSOL. *Materiales de protección personal.*

<https://www.reinsol.es/productos/materiales-de-proteccion/>. Consulta: 23 de marzo de 2021.

- **Mascarilla de protección**

Las mascarillas de protección para las vías respiratorias para labores de soldadura tienen por objeto proteger al usuario contra la inhalación de humos y gases tóxicos producidos durante las operaciones.

Serán necesarios siempre que la soldadura se efectúe en recintos cerrados de pequeñas dimensiones y sin ventilación.

La mascarilla deberá garantizar un ajuste hermético a la cara del portador, independientemente de que la piel esté seca o mojada y que su cabeza esté en movimiento.

El aire penetra en la mascarilla filtrante y va directamente a la cavidad de la conexión respiratoria destinada a la boca y la nariz a través de un filtro combinado.

Un filtro combinado es un filtro que elimina gases y vapores de tipos o grupos diferentes. En el caso de los filtros para labores de soldadura se tratará de un filtro combinado de tipo A2- B2- P3. Este tipo de filtros ofrece una protección combinada y separada a cada grupo de agentes caracterizados por el código:

- Tipo A2: filtro de capacidad media para el empleo contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición mayor de 65 °C. Color marrón.
- Tipo B2: filtro de capacidad media para el empleo contra gases y vapores inorgánicos, excluyendo el CO. Color gris.
- Tipo P3: filtro de elevada capacidad para el empleo contra partículas sólidas y líquidas. Color blanco.

Cuatro principales equipos de protección respiratoria para soldadura:

- Equipo de aire motorizado 3M™ Adflo™

El equipo 3M™ Adflo™ suministra un caudal continuo de aire filtrado. Permite incrementar la protección y el confort en entornos húmedos, calurosos, o físicamente exigentes. Está especialmente diseñado para ser utilizado con las pantallas soldadura de Speedglass™.

Figura 15. **Equipo de aire motorizado 3M™ Adflo™**



Fuente: LinkedIn. *3M Science, Applied to life*. <https://www.linkedin.com/pulse/cu%C3%A1ndo-un-soldador-deber%C3%ADa-utilizar-protecci%C3%B3n-5-y-anamart%C3%ADnez/?originalSubdomain=es>. Consulta: 8 de abril de 2021.

- Nivel de protección: factor de protección nominal de hasta 500500 x VLA en función de la pantalla empleada.
- Comodidad: el flujo de aire continuo proporciona una alta sensación de frescor. El sistema expulsa la humedad y el calor y evita que se empañe la pantalla ofreciendo una máxima comodidad ayudando a incrementar la productividad y el nivel de protección.
- Rendimiento: las nuevas baterías de litio hacen del 3M™ Adflo™ un equipo más ligero y portátil. Su diseño ergonómico permite acceder con más facilidad a espacios de soldadura estrechos.
- Caudal de aire constante y limpio: sin importar la carga de la batería o la colmatación de los filtros, el suministro de aire es

constante y de 170 litros/minuto. En ambientes muy cálidos y húmedos de trabajo, puede aumentar el caudal a 200 litros por minuto de forma sencilla presionando el botón de encendido una segunda vez, proporcionando sensación de frescor incluso en condiciones extremas.

- Compatibilidad: el equipo de protección respiratoria motorizado 3M™ Adflo™ es perfectamente compatible con las pantallas de soldadura Speedglas™ Air y otras unidades de cabeza. Consúltame si necesitas saber qué pantalla se ajusta mejor a tu aplicación de soldadura.

- Equipo de suministro de aire con regulador Versaflo™ V-500

El equipo de suministro de aire con regulador 3M™ Versaflo™ V-500 para soldar en condiciones extremas o cuando los contaminantes presentes no tienen propiedades de aviso. Este equipo va conectado a una línea de aire o a un compresor, y asegura un control individual del caudal de aire.

Figura 16. **Equipo de suministro de aire con regulador Versaflo™
V-500**



Fuente: LinkedIn. *3M Science, Applied to life*. <https://www.linkedin.com/pulse/cu%C3%A1ndo-un-soldador-deber%C3%ADa-utilizar-protecci%C3%B3n-5-y-anamart%C3%ADnez/?originalSubdomain=es>. Consulta: 8 de abril de 2021

- Nivel de protección: factor de protección nominal de hasta 200 x VLA.
- Comodidad: El regulador 3M™ Versaflo™ asegura un control individual del caudal de aire. El regulador requiere una presión de trabajo de 3,5 a 8 bares y es absolutamente silencioso, gracias a un silenciador integrado de < 65dBA.
- Rendimiento: especialmente indicado para soldar en condiciones extremas. Además, el cinturón extraíble y la boquilla para pistola de aire comprimido proporcionan la capacidad de adaptación a múltiples aplicaciones de soldadura.
- Regulador de suministro de aire: con un rango de regulación de 150 a 500 litros/minuto. Además, los modelos V-100 y v-200 permiten enfriar o calentar el aire respectivamente.

Estos reguladores son una buena opción para aquellos trabajadores que sufren falta de confort por exposición a temperaturas muy altas o bajas.

- **Compatibilidad:** el equipo de suministro de aire Vesaflo™ es perfectamente compatible con las pantallas de soldadura Speedglas™ Air y unidades de cabeza. Consulta con nuestro experto qué pantalla se ajusta mejor a tu aplicación de soldadura.
- **Media máscara reutilizable 6 500QL para soldadura 3M™.**
La media máscara serie 6 500 ofrece comodidad y durabilidad gracias a su ajuste facial de silicona de gran ligereza. Su innovadora tecnología de apertura rápida hace que sea muy fácil de poner y quitar.

Figura 17. **Media máscara reutilizable 6500QL**



Fuente: LinkedIn. *3M Science, Applied to life*. <https://www.linkedin.com/pulse/cu%C3%A1ndo-un-soldador-deber%C3%ADa-utilizar-protecci%C3%B3n-5-y-anamart%C3%ADnez/?originalSubdomain=es>. Consulta: 8 de abril de 2021.

- **Nivel de protección:** factor de protección nominal de 10 a 50 x VLA en función de los filtros empleados ya sea P2 o P3.

- Comodidad: la innovadora tecnología QL, permite quitarte y ponerte la mascarilla sin necesidad de retirar la pantalla de soldadura, aportando flexibilidad y comodidad a tu día a día.
 - Rendimiento: su diseño de bajo perfil proporciona un amplio campo de visión y su ajuste facial de silicona de gran ligereza ofrece una mayor comodidad para soldar durante largos periodos de tiempo. El nuevo diseño de cubierta de válvula dirige el aire exhalado hacia abajo evitando que se empañe la pantalla.
 - Compatibilidad: las máscaras reutilizables para soldadura 3M™ son compatibles con tu pantalla de soldadura 3M™ Speedglas™, con todos los filtros para humos metálicos tipo bayoneta 3M™, con los equipos de suministro de aire Versaflo™ y con los dispositivos de protección ocular o auditiva 3M™.
- Mascarillas desechables 9 925/9 928 para soldadura 3M™

Las mascarillas desechables auto filtrantes para partículas ofrecen una protección eficaz y fiable contra los humos de soldadura, nieblas, partículas de ozono y olores molestos. Su válvula de exhalación reduce la condensación de humedad en el interior, y su estructura externa es resistente a las chispas.

Figura 18. **Mascarillas desechables**



Fuente: LinkedIn. *3M Science, Applied to life*. <https://www.linkedin.com/pulse/cu%C3%A1ndo-un-soldador-deber%C3%ADa-utilizar-protecci%C3%B3n-5-y-anamart%C3%ADnez/?originalSubdomain=es>. Consulta: 8 de abril de 2021.

- Nivel de protección: factor de protección nominal de 10 x VLA.
- Comodidad: las bandas de sujeción, con 4 puntos de ajuste, y el clip nasal ajustable aseguran la correcta adaptación de la mascarilla al contorno de la cara. La válvula de exhalación patentada por 3M™ reduce la acumulación de calor y humedad en el interior.
- Rendimiento: Los filtros para partículas con carbón activado proporcionan protección contra el ozono, partículas sólidas y líquidas no volátiles y humos metálicos. Su forma moldeada, ajuste y sellado facial aportan comodidad y ligereza. Son desechables, por lo que su máximo nivel de uso es 10xVLA para partículas, 10xVLA para ozono y por debajo del VLA para vapores orgánicos.

- Compatibilidad: las mascarillas desechables para soldadura 3M™ son compatibles con tu pantalla de soldadura 3M™ Speedglas™ y con los dispositivos de protección ocular o auditiva 3M™.

Figura 19. **Equipo de protección general**



Fuente: Tecnología Minera. *Equipo de protección en trabajos de soldadura.*
<https://tecnologiaminera.com/novedad/la-seguridad-durante-los-trabajos-de-soldadura-1523923378>. Consulta: 9 de marzo de 2021.

4.4. **Buenas prácticas del soldador**

Indiscutiblemente todas las medidas preventivas referidas anteriormente son básicas para el correcto control de los riesgos por inhalación de contaminantes, pero también es verdad que la actitud del soldador juega un papel decisivo en su propia protección, hasta tal punto que en la práctica muchas veces el éxito o fracaso de aquellas depende de sus hábitos de trabajo.

O, dicho de otra manera, sean cuales sean las medidas de prevención técnicas de las que esté dotado su puesto de trabajo, el grado del riesgo por inhalación de humos de soldadura dependerá en gran medida del propio soldador.

Así, por ejemplo, muy frecuentemente está en manos del soldador:

- Situar su cara paralela al punto de soldadura en lugar de sobre él, con lo cual puede reducir la inhalación de contaminantes hasta un 90 %.
- Evitar acercamientos excesivos al punto de soldadura por visión defectuosa sustituyendo los oculares picados, graduándose la vista con la frecuencia adecuada, utilizando oculares filtrantes con el grado de protección correspondiente al trabajo realizado.
- No utilizar intensidades de corriente y caudales de gases superiores a los exigidos por la operación.
- Ajustar la pantalla de soldadura al pecho de forma que impida al máximo el paso de los humos y gases generados.
- Cuando se disponga de campanas móviles de extracción localizada de humos, situarla de forma continuada en la posición de máxima eficacia de captación.
- Cuando se trabaje en cabinas con aspiración, evitar siempre interponerse en el recorrido de los humos, situándose de cara al frente de aspiración, o si la forma de la pieza lo aconseja, de perfil, pero nunca de espaldas.

- Cuando se utilicen extractores o soplantes móviles, mantenerlos siempre en la posición y orientación de máxima eficacia.
- Cuando se utilicen equipos individuales de protección de las vías respiratorias, seguir estrictamente las instrucciones de uso y mantenimiento que los acompañan en sus embalajes: sustitución de filtros y ajuste facial.
- Poner en conocimiento del mando que le encomienda las tareas y de las personas con responsabilidad en la prevención de riesgos laborales, cualquier incidencia que se sospeche que puede tener repercusión en las condiciones de exposición: anomalías en el funcionamiento de los sistemas de ventilación; variación en las condiciones de las piezas; modificaciones en los procedimientos de trabajo y condiciones de trabajo especiales.

Una vez conocidos y clasificados los tipos de riesgo asociados a la soldadura deben definirse las Medidas de prevención y protección a aplicar, las cuales deben recogerse en la planificación de la producción. La responsabilidad de la definición y puesta en marcha del plan de seguridad e higiene suele ser del jefe de seguridad, en colaboración con el ingeniero de soldadura. Todo el personal en situación de riesgo debe estar informada del mismo y conocer las medidas de seguridad y protección para evitarlo, así como su uso.

La adopción de medidas de seguridad será proporcional a la calificación inicial de riesgos. Ello significa que un riesgo calificado como elevado no podrá protegerse con un sistema de protección de baja fiabilidad ya que ante un fallo cabe la posibilidad de no detectarse y no evitaría el accidente.

4.4.1. Medidas de protección personales

El soldador y sus ayudantes deben usar gafas de seguridad, mejor si están provistas de filtros que sean oculares filtrantes. Además, deben usar pantallas de soldadura provistas de oculares filtrantes en función del grado de radiación a que estén expuestos. Los filtros deben escogerse en función de:

- Tipo de arco o llama.
- Intensidad de corriente de soldadura, tipo y caudal de gas.
- Posición y distancia al baño de fusión.
- Iluminación del local o soldadura al aire libre.
- Capacidad reflectora de los materiales que se sueldan.
- Sensibilidad óptica del soldador.
- Curva experimental de la sensibilidad del ojo humano.

El filtro debe dejar pasar en el campo visible una intensidad suficiente para que el soldador pueda seguir sin fatiga el comportamiento del arco o llama y el baño de fusión. Además de la protección de ojos y frente a los humos, el soldador y sus ayudantes deben estar equipados con las prendas de protección contra los riesgos comunes a los que está sometido.

4.4.2. Medidas de protección de los materiales y equipos

El uso de equipos eléctricos, como los de soldadura o auxiliares, puede producir accidentes directos e indirectos. Los equipos de soldadura eléctrica proporcionan corriente continua o alterna con tensiones entre 15 y 50 V, los equipos de corte por plasma pueden suministrar hasta 220 V, e intensidades hasta de 1 000 A, aunque hay equipos que pueden llegar a los 3 000 A.

Las principales medidas de seguridad son:

- La fuente de alimentación de los equipos de soldadura y auxiliares deben tener interruptores diferenciales que protejan a los operarios frente a posibles contactos.
- Los equipos deben conectarse a tierra según las normativas locales e indicadas en los manuales de instrucción, para evitar descargas.
- No deben permitirse empalmes encintados sino con conexiones estancas y aisladas de modelo y tipo normalizados, ni cables sin el aislamiento adecuado y en buen estado.

4.4.3. Medidas de protección colectivas

- Protección contra incendios:
 - Toda el área de trabajo debe estar limpia de materiales de desecho, sobre todo de combustibles, limpia y organizada en general.
 - Deben protegerse especialmente las botellas de gas.
 - Debe señalizarse toda el área indicando las rutas de escape y localización de extintores.
 - Debe disponerse de extintores portátiles del tipo B, C y E, y, si es necesario, de una manguera.

- Condiciones ambientales límite:
 - En soldadura en altura debe haber redes de seguridad de material ignífugo.
 - No deben permitirse trabajos con vientos > 60 km/h o cuando esté lloviendo, o sobre material conductor de la electricidad mojado.

- Pantallas y celdas de puestos de soldadura:
 - Las áreas de soldadura deben delimitarse con pantallas o celdas que impidan el paso de radiaciones, proyecciones o posibilidad de accidentes, por ejemplo, interferir con elementos móviles.
 - Las pantallas deben ser de color oscuro y de material incombustible, y deben permitir la circulación de aire.
 - Mamparas: pueden utilizarse para crear compartimentos móviles y zonas específicas de trabajo, tanto en talleres pequeños como en grandes naves industriales, fábricas, ferias, escuelas de soldadura y esmerilado.

- Señalización

Todas las áreas deben proveerse de la correspondiente señalización que indique los trabajos que se están haciendo y las protecciones de uso obligado, cascos y filtros oculares.

4.5. Control de salud sobre el soldador

Debido a que las emisiones de la soldadura son tan peligrosas, NIOSH recomienda que todos los trabajadores que pudieran estar expuestos a los procesos de la soldadura reciban exámenes médicos por lo menos una vez al año. El médico debe examinar los pulmones, la piel los ojos, el corazón, y la audición, llevar a cabo cualquier otro examen que sea apropiado.

Para proteger a los trabajadores de los humos y gases de soldadura, es necesaria la ventilación adecuada en espacios cerrados o confinados. Las mesas de soldadura equipadas con extractores de ranura, y los sistemas de ventilación de extracción de soldadura portátiles incluidos los extractores de trompa de elefante movibles y los extractores de humos montados en la pistola de soldadura de pequeño diametro estan disponibles comercialmente. Los respiradores purificadores de aire pueden filtrar y dejar fuera los humos de metales pero no protegen a los trabajadores contra todos los gases peligrosos producidos ni contra la deficiencia de oxígeno.

Para salvaguardar la salud del soldador se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

La limpieza adecuada: la eliminación de imprimadores, pinturas, limpiadores y recubrimientos de las superficies de soldadura reducirán las exposiciones a humos tóxicos.

Orientación de materiales y posición del cuerpo: al definir la tarea y realizar el trabajo, para permitir que el soldador evite la elevación de calor natural de los humos siempre que sea posible. Las exposiciones pueden reducirse significativamente si los soldadores no se colocan directamente sobre los humos.

- Equipo de soldadura: se debe utilizar únicamente el equipo de soldadura para el cual se haya recibido capacitación, este equipo debe cubrir todas las zonas expuestas del cuerpo. Conozca la sustancia que se va a soldar y cualquier recubrimiento que esta tenga.
- Extintor: asegúrese que haya un extintor cercano para su uso inmediato. Inspeccione el área antes de soldar para verificar que no haya material inflamable ni solventes desengrasantes cerca de la zona de soldadura.
- Personal: asegúrese que las personas que estén trabajando en la zona estén advertidas y protegidas contra los arcos, humos, chispas y otros riesgos de la soldadura.
- Ventilación: debe asegurarse que siempre haya buena ventilación de extracción, siempre evite inhalar los humos de cualquier clase.

CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un estudio para conocer el nivel de contaminación tóxica, a la cual los soldadores están expuestos, como consecuencias de los errores cometidos durante el proceso y la falta de conocimiento sobre los niveles de toxicidad que se manifiestan manipulando los materiales que se utilizan.
2. Tras el análisis realizado con experiencias de personas que han trabajado durante años en este proceso de soldadura. Se determinaron las enfermedades que los soldadores están más propensos a contraer.
3. El proceso de soldadura *SMAW* es de los procesos más utilizados en el ámbito industrial, es conocido como, soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido. En este proceso existen diferentes revestimientos que están elaborados con metales como el aluminio, manganeso y silicio, que a su vez son los causantes de la generación del humo y gases de la soldadura, estos revestimientos se utilizan según las características que poseen, además del revestimiento se tiene el material base que posee un gran número de toxicidad como consecuencia de la fusión de los materiales.
4. Se realizó un estudio para conocer los contaminantes físicos, químicos, biológicos y psicosociales que causa el proceso de soldadura. De esta manera determinamos el nivel de riesgo que existe, clasificándolo en leves, graves y crónicos, según el nivel de contaminación que provoca hacia el soldador. Por estas razones, es necesario llevar un control sobre

la salud del soldador, con esto logramos diagnosticar a tiempo la contaminación generada y reducimos el riesgo de muerte del soldador.

5. Se propuso una guía para conocer el uso correcto del equipo de protección, los procedimientos a realizar antes de iniciar un proceso y que medidas de prevención personal y colectiva, se emplearán antes, durante y al finalizar el trabajo, de esta manera se puede reducir hasta en un 90 % la contaminación generada por los humos y gases, que se presentan por la fundición de los metales.

RECOMENDACIONES

1. Reducir los riesgos generados por el proceso de soldadura depende portar el equipo de protección adecuado, ya que el uso correcto disminuye la toxicidad de los contaminantes.
2. Evaluar el correcto aislamiento de los bornes de la conexión así como los cables de la soldadura antes de comenzar a utilizar el equipo, está debe soportar la corriente generada por el tipo de trabajo; también, se debe tomar en cuenta la longitud que existirá de la maquina al área de trabajo, así como las pinzas y el aislamiento adecuado de dichas zonas.
3. Asegurar que el área de trabajo este libre de humedad, químicos como pintura en el material base y que no existan objetos inflamables como solventes, gasolina y ropa. Solamente deben estar presentes las personas autorizadas, portando correctamente el equipo de protección, para aislarse de las demás personas se puede utilizar mamparas de separación de puestos de trabajo.
4. Instalar un sistema de extracción localizada, para aspirar los humos y gases generados por el proceso, el aire debe ser evacuado donde no contamine el aire limpio de otras zonas de operación.
5. Soldar solamente en las áreas autorizadas, que cumplan con todas las medidas de precaución.

6. Posicionar el cuerpo en una postura donde los humo y gases de soldadura no lleguen directamente a la careta del soldador, de esta manera se reduce la inhalación de los contaminantes.

7. Evaluar constantemente a los soldadores, para tener un control sobre su salud y detectar a tiempo enfermedades que puedan poner en riesgo la vida de la persona.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR, Julio. *Soldadura de Arco Eléctrico*. México: 2013. 84 p.
2. ALMAZÁN, Andrés. *Seguridad e Higiene en los procesos de Soldadura y corte*. Trabajo de Graduación Ing. Mecánico. Instituto Politécnico Nacional. México: D.F. 1990. 242 p.
3. Asociación de especialistas en prevención y salud laboral. *Soldadura y humos metálicos*. [en línea]. <<https://www.aepsal.com/soldadura-y-humos>>. [Consulta: 14 de octubre de 2020].
4. CASADO, Pablo. *Análisis, evaluación y control de riesgos de un soldador de la industria del metal*. Trabajo de graduación II Máster en Prevención de Riesgos Laborales. Universidad pública de Navarra. México: 2013. 131 p.
5. Consumer. *La inhalación de humos por soldaduras puede desencadenar un inicio precoz del Parkinson*. [en línea]. <https://www.consumer.es/alimentacion/obesidad-infantil-entrevista-luis-albertomoreno.html?utm_campaign=especial_obesidad_infantil&utm_medium=display&utm_source=consumer&utm_content=bannerhome&utm_term=&wt_mc=consumer.display.especial_obesidad_infantil.bannerhome>. [Consulta: 20 de enero de 2021].

6. División de Compensación para Trabajadores. *Los peligros relacionados con la soldadura*. EE. UU.: 2010. 10 p.
7. Electrodo INFRA. *Hoja de datos de seguridad*. México: Tultitlán, Edo. de México, C.P. 54900. Librería de descargas, 2017. 9 p.
8. Electrodo INFRA. *Revista Materiales de aportación*. 11a ed. México: Federación de enseñanza de CC. OO, 2010. 9 p.
9. GRIMALDI, John V. *La seguridad Industrial, su administración*. 5a ed. Universidad del sur de California. México. Marcombo 2001. 841 p
10. INDURA. *Manual de sistemas y materiales de soldadura*. México: CP 54090. 2013. 172 p.
11. Ingemecanica. *Soldadura por Arco con Electrodo Revestido*. [en línea]. <<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn45.html>>. [consulta: 10 d noviembre de 2020].
12. Instituto de Formación y Estudios Sociales de Castilla y León. IFES. *Guía de prevención de riesgos en los trabajos de soldadura*. España: Angelma, S.A. 2009. 66 p.
13. International journal of occupational medicine and environmental health. *Asma inducida por metales y cambios en la radiografía de tórax en soldadores*. [en línea]. <<http://ijomeh.eu/Metal-induced-asthma-and-chest-x-ray-changes-in-welders,2252,0,2.htm>>. [Consulta: 10 de octubre de 2020].

14. LANDA, Carlos. *Manual de practica de Soldadura por arco eléctrico manual (TIG, MIG, SMAW)*. Trabajo de Graduación Ing. Mecánica Eléctrica, Universidad Veracruzana, Facultad de ingeniería Mecánica Eléctrica, México. 2011. 138 p.
15. LORENZO, Oscar. *Estudio de los procesos de soldadura GTAW y SMAW en la industria naval: Análisis casos prácticos*. Trabajo Final de Grado, Universidad Politécnica de Catalunya, Facultad de náutica de Barcelona, 2019. p. 154.
16. Mascara de Soldar. *Los diferentes tipos de caretas para soldar*. [en línea]. <<https://mascaradesoldar.com/los-diferentes-tipos-de-caretas-para-soldar/>>. [Consulta: 15 de enero de 2021].
17. Metalografía – Universidad Tecnológica de Pereira. *Recubrimientos metálicos, galvanizado electroquímico y por inmersión*. [en línea]. <<https://blog.utp.edu.co/metalografia/389-2/>>. [Consulta: 10 de marzo de 2021].
18. National Library of Medicine. *Respuestas pulmonares a los humos de soldadura: papel de los componentes metálicos*. [en línea]. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14681078/>>. [Consulta: 10 de octubre de 2020].
19. O'MALLEY, Gerald F. *Intoxicación por monóxido de carbono*. [en línea]. <<https://www.msmanuals.com/es/hogar/traumatismos-y-envenenamientos/intoxicaciones-o-envenenamientos/intoxicacion%20por-monoxido-de-carbono>>. [Consulta: 20 de enero de 2021].

20. OLAVARRIETA, Javier. *Riesgos Higiénicos existentes en las operaciones de soldadura con arco eléctrico*. [en línea]. <<https://www.virtualpro.co/biblioteca/riesgos-higienicos-existentes-en-las-operaciones-de-soldadura-con-arco-electrico>>. [Consulta: 14 de octubre de 2020].
21. Prevención Integral. *Humos de soldadura: un riesgo cancerígeno comprobado*. [en línea]. <<https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2017/12/10/humos-soldadura-riesgo-cancerigeno-comprobado>>. [Consulta: 11 de noviembre de 2020].
22. QUIJADA, Pilar. *Uno de cada 10 soldadores tendrá síndrome de Parkinson*. [en línea]. <<https://abcblogs.abc.es/cosas-cerebro/investigacion/un-de-cada-10-soldadores-tendra-sintomas-de-parkinson.html?ref=https://www.google.com/>>. [Consulta: 13 de noviembre de 2020].
23. ROJAS, Jesús. *El soldador y los humos de Soldadura*. España: OSALAN. 2009. 44 p.
24. RUBIO, Grecia. *Daños e incidentes ocasionados por la soldadura y cómo prevenirlos*. [en línea]. <<https://blog.binzel-abicor.com/es/da%C3%B1os-e-incidentes-ocasionados-por-la-soldadura-y-c%C3%B3mo-prevenirlos>>. [Consulta: 11 de noviembre de 2020].
25. RUEDA, Madeleine. *Encefalopatía Anóxica*. México: 2015. 8 p.

26. Sindicato Provincial del Metal Madrid. *Salud Laboral La Soldadura*. Madrid: España, 2020. 16 p.
27. SORIANO TARÍN, Guillermo. *Las enfermedades profesionales en el sector del metal*. Proyectos de innovación, 2009. 113 p.
28. State Compensation Insurance Fund. *Guía de Seguridad y salud para Soldadores*. 2015. 4 p.
29. STELLMAN, Jeanne. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*, cap. 63. [en línea]. <<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%AADmicas+y+toxicidad>>. [Consulta: 28 de octubre de 2020].
30. ZUÑIGA, Pablo. *Soldabilidad de los Aceros*. Trabajo de Graduación Ing. Mecánico, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1999. 113 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Proceso de soldadura y naturaleza de los humos metálicos**

	Intoxicación aguda	Intoxicación crónica	Valores límite
CADMIO	Absorción respiratoria: fiebre de los metales, neumonitis química. - Absorción digestiva: dolor abdominal, náuseas, vómitos.	Rinitis: Perforación de tabique nasal, anosmia, bronquitis, enfisema. Nefropatía cadmica. Cancerígeno de pulmón.	VLA-ED: 10 mg/m ³ VLB: 10 µg/l, sangre 5µg/g creatinina.
CROMO	Gastrointestinal: dolor abdominal, vómitos, diarrea. Insuficiencia renal aguda por necrosis tubular.	Cutánea: úlceras 5-10mm, dermatitis de contacto. Respiratoria: rinitis, úlceras. Cancerígeno de pulmón y senos nasales.	VLA-ED: 50 µg/m ³ VLB: diferencia entre principio y final de jornada: 10 µg/l Final de semana: 25 µg/l
NÍQUEL	Fiebre de los metales	Respiratoria: Rinitis - Perforación del tabique nasal, Sinusitis, anomia. Cancerígeno de pulmón y senos paranasales	VLA-ED: 1mg/m ³
ALUMINIO	Encefalopatía (pacientes de diálisis)	Enfermedad de shaver (fibrosis pulmonar)	VLA-ED humos: 5 mg/m ³ Polvo: 10 mg/m ³ BAT (Alemania): 60 µg/g
CINC	Fiebre de los metales: es el metal en el que se da con mayor frecuencia	Respiratoria: Rinitis - Perforación del tabique nasal. Ocular: Conjuntivitis. Alteraciones retinianas.	VLA-ED Humos: 5 mg/m ³ Polvo: 10 mg/m ³

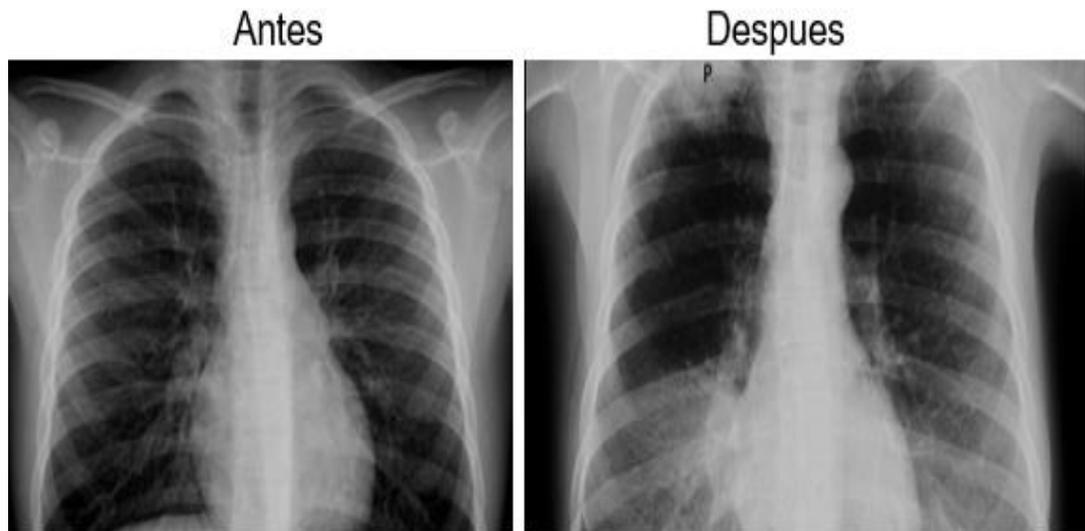
Continuación apéndice 1.

COBRE	Fiebre de los metales Alteraciones digestivas Insuficiencia hepática Insuficiencia renal	Perforación del tabique nasal Dermatitis de contacto Alteraciones hepáticas	VLA-ED Humos: 0.2 mg/m^3 Polvo: 1 mg/m^3
COBALTO	Alteraciones respiratorias Alteraciones digestivas	Dermatitis de contacto Fibrosis pulmonar	VLA-ED: 0.02 mg/m^3 VLB: $1 \text{ } \mu\text{g/l}$, sangre $1.5 \text{ } \mu\text{g/l}$, orina
MANGANESO	Neumonitis química: neumonía mangánica	Alteración respiratorias. Cuadro neuro-psiquiátrico: "psicosis mangánica" y "Síndrome Parkinsoniano" con hipertonia y temblor de extremidades inferiores.	VLA-ED: $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ $20 \text{ } \mu\text{g/l}$ (Sangre)
PLOMO	Digestivas: dolor, vómitos, estreñimiento. Encefalopatía saturnina: convulsiones, coma, muerte. Renales: Albuminuria, cilindruria, oliguria. Hepáticas: de citólisis a necrosis.	Alteraciones hematológicas: anemia. Alteraciones digestivas. Sistema nervioso periférico Hipoespermia Hipertensión arterial Enfermedad renal crónica	VLA-ED: $150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ VLB: $70 \text{ } \mu\text{g/dl}$

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Daño en los pulmones por humos de soldadura



Fuente: STEEMIT. *Radiografía de tórax*. <https://steemit.com/spanish/@sileniag/cancer-de-pulmon-or-cuidado-con-el-humo-de-la-soldadura>. Consulta: abril 2021.

Anexo 2. Características de los diferentes tipos de electrodos

TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	APLICACIONES
Ácido	<ul style="list-style-type: none"> * bajo coste * arco estable * corriente CA y CC * escoria fácil de eliminar * elevada desoxidación * fácilmente conservables 	<ul style="list-style-type: none"> * baño fluido * escaso efecto de limpieza * elevado aporte de hidrogeno * escoria no se puede refundir 	<ul style="list-style-type: none"> * soldaduras en horizontal * aceros bajos en carbono y con poca presencia de impurezas * soldaduras económicas y con características mecánicas suficientes (buena robustez pero riesgo de grietas)
Rutilo	<ul style="list-style-type: none"> * bajo coste * arco estable * fácil cebado * corriente CA y CC * cordón estéticamente mejor * fácilmente conservables 	<ul style="list-style-type: none"> * baño fluido * escaso efecto de limpieza * elevado aporte de hidrogeno 	<ul style="list-style-type: none"> * soldaduras en horizontal * soldaduras en vertical y en esquinas para pequeños espesores * aceros bajos en carbono y con poca presencia de impurezas * soldaduras estéticamente buenas pero características mecánicas suficientes (buena robustez pero riesgo de grietas)
Celulósico	<ul style="list-style-type: none"> * elevada penetración * elevada manejabilidad * escoria reducida 	<ul style="list-style-type: none"> * son necesarios generadores CC con elevada tensión en vacío * cordón irregular * elevado aporte de hidrogeno 	<ul style="list-style-type: none"> * soldaduras en todas las posiciones, incluida la vertical descendiente * tubos o donde no sea posible el cordón al reverso * soldaduras en las que el acceso del electrodo resulta crítico * aceros bajos en carbono con escasa presencia de impurezas
Básico	<ul style="list-style-type: none"> * óptima limpieza del material * aporte de hidrogeno muy reducido * baño frío 	<ul style="list-style-type: none"> * arco poco estable * escoria no se puede refundir y de difícil eliminación * arco corto y difícil de trabar * cebado difícil * generadores CC * de difícil conservación 	<ul style="list-style-type: none"> * soldaduras en todas las posiciones, incluso con grandes espesores * elevadas velocidades de depósito * soldaduras de elevada calidad mecánica, incluso con materiales que contengan impurezas

Fuente: Federación de la enseñanza. *Materiales de aportación*.
<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd7564.pdf>. Consulta: marzo 2021.

Anexo 3. Propiedades mecánicas

Clasificación AWS	Valores mínimos	
	Resistencia a la tensión (lb/pulg ²)	Límite de cedencia (lb/pulg ²)
E60XX	62,000	50,000
E70XX	70,000	57,000
E80XX	80,000	67,000
E90XX	90,000	77,000
E100XX	100,000	87,000
E110XX ^a	110,000	95,000
E120XX ^a	120,000	107,000

a. En este tipo de electrodos se utiliza recubrimiento tipo bajo hidrógeno únicamente

Fuente: AGUILAR, Julio. *Soldadura de Arco Eléctrico*.
http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/pro_ma/17.pdf. Consulta: marzo 2021.

Anexo 4. **Contaminantes Procedentes del Metal base de la pieza**

Operaciones	Metales base más frecuentes	Contaminantes característicos Óxidos de:
Soldadura, corte, vaciado, relleno, etc. por cualquier procedimiento en el que se produzca la fusión del material base de la pieza.	Aceros al carbono.	Hierro. Manganeso.
	Aceros aleados.	Hierro. Manganeso. Cromo. Níquel.
	Acero inoxidable.	Hierro. Manganeso. Cromo. Níquel.
	Aluminio.	Aluminio.
	Bronces. (Según tipos)	Cobre. Estaño. (Níquel. Plomo. Zinc. Berilio.)
	Latón. (Latones aleados)	Cobre. Zinc. (Estaño. Manganeso. Plomo.)
	Aleaciones cobre-berilio.	Cobre. Berilio.
	Plomo.	Plomo.

Fuente: ROJAS, Jesús. *El soldador y los humos de Soldadura*. https://www.osalan.euskadi.eus/s94-contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/adjuntos/EI%20%20Soldador.pdf. Consulta: octubre 2020.

Anexo 5. **Contaminantes procedentes del recubrimiento de las piezas**

Operaciones	Recubrimientos más frecuentes	Contaminantes característicos	
Soldadura y corte por cualquier procedimiento en el que se produzca la fusión del recubrimiento de la pieza.	Recubrimientos metálicos.	Galvanizado.	Óxido de zinc. Óxido de plomo.
		Cromado.	Óxidos de cromo.
		Niquelado.	Óxido de níquel.
		Cobreado.	Óxido de cobre.
		Cadmiado.	Óxido de cadmio.
	Recubrimientos con pinturas, barnices, resinas, plásticos, etc.	Todos.	Anhídrido carbónico, Monóxido de carbono. Mezclas complejas (*) de descomposición de productos orgánicos.
		Pinturas en general.	Óxidos de los metales de sus pigmentos.
		Pinturas con minio.	Óxido de plomo.
	Impregnación de las piezas con residuos de fabricación.	Pinturas con cromatos.	Óxidos de cromo, plomo y zinc.
		Fluidos de corte. Aceites antioxidantes.	Anhídrido carbónico, Monóxido de carbono, Acroleína, Mezclas complejas de descomposición de productos orgánicos.
		Disolventes clorados: Tricloroetileno, Percloroetileno, etc.	Fosgeno.
Montaje y desguace de equipos con aislamiento de amianto mediante soldadura y oxicorte.		Amianto.	

Fuente: ROJAS, Jesús. *El soldador y los humos de Soldadura*. https://www.osalan.euskadi.eus/s94-contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/adjuntos/EI%20%20Soldador.pdf. Consulta: octubre 2020.

Anexo 6. Contaminantes procedentes de los materiales de aporte

Materiales de aporte	Tipo de soldadura	Contaminantes característicos
 Varilla o alambre desnudo	Con soplete ("Autógena", "oxigás", "oxiacetilénica").	Según los casos: Óxidos de cobre, zinc, estaño, berilio, manganeso, plomo, plata y cadmio.
	TIG; MIG; MAG.	Óxidos de los metales del hilo o de la varilla de aporte (Normalmente los mismos que los de las piezas). Óxido de cobre cuando el hilo va recubierto de este metal.
	Soldaduras blandas (Con resina de colofonia)	Según los casos: Óxidos de estaño, plata, plomo y cobre. (Formaldehído).
 Electrodo revestido	Manual al arco eléctrico. -- Tipo de revestido.	Todos. Óxidos de hierro y de manganeso
		Ácido. Sílice amorfa.
		De rutilo. Óxido de titanio.
		Básico. Fluoruros.
		Celulósico. Monóxido y Dióxido de carbono (CO y CO ₂)
		Grafito cobreado. Óxido de cobre. Monóxido y Dióxido de carbono (CO y CO ₂)
		Otros especiales. Según los casos: Óxidos de cobre, zinc, plomo, níquel y cromo.
 Gas de protección	MAG. En su caso: MIG; TIG; Plasma.	Cuando se aporta anhídrido carbónico: Monóxido y Dióxido de carbono (CO y CO ₂).
 Gases de combustión.	Oxigás.	Óxidos nitrosos, por impurezas de nitrógeno en el oxígeno, y anhídrido carbónico (CO ₂).
	Oxiacetilénica (con acetileno obtenido del carburo cálcico).	Fosfina, por impurezas de fósforo en el carburo cálcico de baja pureza.
 Fundente, Flux, Decapante, Termita.	Electrodo sumergido.	Fluoruros.
	Uso de decapantes ácidos.	Fluoruros, cloruros.
	Uso de bórax, carbonatos.	Óxidos alcalinos.
	Aluminotermia.	Óxidos de aluminio y de hierro.

Fuente: ROJAS, Jesús. *El soldador y los humos de Soldadura*. https://www.osalan.euskadi.eus/s94-contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/adjuntos/EI%20%20Soldador.pdf.

Consulta: octubre 2020.

Anexo 7. **Contaminantes procedentes del aire y de sus posibles impurezas**

Operaciones	Contaminantes característicos	Reacciones que los originan
Todas, pero especialmente: Soldadura, corte y calentamiento con llama.	Óxidos de nitrógeno.	Oxidación del nitrógeno del aire.
Soldaduras al arco eléctrico: Electrodos, TIG, MIG, plasma, etc. especialmente trabajando con piezas de aluminio.	Ozono.	Acción de las radiaciones ultravioleta sobre el oxígeno del aire.
Todas (Cuando el aire está contaminado con disolventes clorados).	Fosgeno.	Descomposición de los disolventes clorados: tricloroetileno, percloroetileno, etc., procedentes, por ejemplo, de instalaciones de desengrase próximas, secado de piezas, etc.

Fuente: ROJAS, Jesús. *El soldador y los humos de Soldadura*. https://www.osalan.euskadi.eus/s94-contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/adjuntos/EI%20%20Soldador.pdf. Consulta: octubre 2020.

Anexo 8. Variación de la cantidad de humos emitidos

CONTAMINANTES		FACTORES QUE AUMENTAN LA CANTIDAD DE HUMOS EMITIDOS
Partículas y Gases		<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo efectivo de soldadura propiamente dicha. - La cantidad de materiales de aporte consumida. - La potencia calorífica aplicada: Intensidad de la corriente eléctrica, caudal de los gases de combustión, etc. - Recubrimiento de las piezas con pinturas, barnices, plásticos, etc.
Partículas (Humos visibles)		<ul style="list-style-type: none"> - El punto de fusión de los metales que intervienen: Cuanto más bajos, mayor emisión. <p>Ejemplos de Emisión alta Piezas cadmiadas. Cadmio: 321°C Piezas emplomadas. Plomo: 327°C Piezas galvanizadas. Zinc: 420°C</p> <p>Ejemplos de Emisión media Aceros al carbono: Manganeso: 1.245°C. Hierro: 1.535°C</p> <p>Ejemplos de Emisión baja Aceros inoxidables: Níquel: 1.453°C. Cromo: 1.939°C</p>
		- El diámetro del electrodo. Mínimo, los no consumibles (TIG).
		- El revestimiento del electrodo. En orden creciente: Varilla desnuda → Ácido → Básico → Rutilo → Celulósico.
Gases (Humos no visibles)	Gases nitrosos	- Un soplete quemando "en vacío" produce más gases nitrosos porque toda la energía calorífica actúa sobre el aire, oxidando más intensamente su nitrógeno.
	Monóxido y dióxido de carbono	- En los procesos de soldadura MIG y MAG la generación de estos gases (CO y CO ₂) será mayor contra más alta sea la proporción de anhídrido carbónico en el gas de protección.
	Ozono	- Cuanto más radiación ultravioleta se produzca, mayor será la cantidad de ozono generada, por ejemplo: En los procesos TIG, MIG y MAG se produce más ozono que cuando se utilizan electrodos revestidos. Cuando se trabaja con piezas de aluminio se genera más ozono que cuando se trata piezas de acero al carbono.
	Fosgeno	- Aumenta cuanto mayor sea la impregnación de las piezas con disolventes clorados y la concentración de éstos en el ambiente.
	Otros gases	- Cuanto mayor sea la cantidad utilizada de fluxes, fundentes, decapantes, etc. mayor será la generación de gases irritantes.

Fuente: ROJAS, Jesús. *El soldador y los humos de Soldadura*. https://www.osalan.euskadi.eus/s94-contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/adjuntos/EI%20%20Soldador.pdf. Consulta: octubre 2021.

