

HUMOS DE SOLDADURA Y SU INFLUENCIA EN LA SALUD DE TRABAJADORES METALMECÁNICOS DEL CANTÓN AMBATO
WELDING FUMES AND THEIR INFLUENCE ON THE HEALTH OF METAL-MECHANICAL WORKERS IN THE CANTON OF AMBATO

Autores: ¹Giovanni Javier Yáñez Moreta, ²Luis Alberto Morales Perrazo y ³Christian Gustavo Portero Pérez.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-7836-4076>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0921-262X>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0099-954X>

¹E-mail de contacto: gyanez2773@uta.edu.ec

²E-mail de contacto: luisamorales@uta.edu.ec

³E-mail de contacto: jefesf01@plasticaucho.com

Afiliación: ^{1*} ^{2*}Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador). ^{3*}Plasticaucho Industrial S.A., (Ecuador).

Artículo recibido: 14 de mayo del 2025

Artículo revisado: 16 de mayo del 2025

Artículo aprobado: 6 de junio del 2025

¹Estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).

²Ingeniero Mecánico graduado en la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), (Ecuador). Magíster en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental en la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador). Profesor Titular Auxiliar 2; 15 años de experiencia docente en la carrera de Ingeniería Industrial en ámbitos de seguridad laboral, higiene industrial, control de calidad y gestión ambiental.

³Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización graduado en la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador). Magíster en Administración de Empresas con mención en Sistemas Integrados de Gestión de Calidad, Seguridad y Ambiente en la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador). Actualmente Jefe Nacional de Seguridad en Plasticaucho Industrial S.A. (Ecuador). Consultor externo en Seguridad Integral con más de 8 años de experiencia en el área de Seguridad Integral (laboral, física, electrónica y estratégica).

Resumen

La exposición a humos de soldadura supone un riesgo para la salud de los trabajadores del sector metalmeccánico a nivel mundial. Este estudio busco identificar síntomas asociados a enfermedades respiratorias, neurológicas, oculares y cardiovasculares en soldadores del cantón Ambato. Para ello se realizó un estudio transversal y correlacional con enfoque cuantitativo; se aplicó una encuesta estructurada con una validez de 0.97 según Hernández Nieto y una confiabilidad de 0.98 según el Alfa de Cronbach a 115 soldadores con más de un año de experiencia y sin enfermedades preexistentes. Los resultados reflejan que los sistemas de extracción de humos (OR=0.01, IC95%: 0.00-0.18) y la capacitación en seguridad (OR=0.02, IC95%: 0.00-0.27) tienen una relación negativa y significativa con síntomas respiratorios. En el caso de los síntomas neurológicos, el uso de protección respiratoria (OR=0.004, IC95%: 0.00-0.16) y facial ocular (OR=0.004, IC95%: 0.00-0.16) mostró un efecto protector significativo, al igual que la capacitación (OR=0.02, IC95%: 0.01-0.58). Para los síntomas oculares, el sistema de extracción

(OR=0.01, IC95%: 0.00-0.30) y la capacitación en prevención (OR=0.02, IC95%: 0.00-0.29) fueron factores protectores. En cuanto a los síntomas cardiovasculares, el uso de protección respiratoria (OR=0.02, IC95%: 0.00-0.46) y facial ocular (OR=0.02, IC95%: 0.00-0.46) demostraron ser medidas eficaces, mientras que la protección facial ocular también presentó un impacto significativo (OR=0.004, IC95%: 0.00-0.12). Se concluye que la exposición a humos de soldadura afecta la salud de los soldadores metalmeccánicos, por lo que fortalecer las medidas de prevención es esencial para mejorar la seguridad laboral y reducir efectos a largo plazo.

Palabras clave: Humos de soldadura, Salud ocupacional, Seguridad laboral.

Abstract

Exposure to welding fumes poses a significant health risk to workers in the metalworking sector worldwide. This study aimed to identify symptoms associated with respiratory, neurological, ocular, and cardiovascular diseases among welders in the canton of Ambato. A cross-sectional and correlational

study with a quantitative approach was conducted. A structured survey, validated with a content validity index of 0.97 according to Hernández Nieto and a reliability of 0.98 as per Cronbach's Alpha, was administered to 115 welders with over one year of experience and no pre-existing medical conditions. The results indicate that fume extraction systems (OR=0.01, 95% CI: 0.00–0.18) and safety training (OR=0.02, 95% CI: 0.00–0.27) exhibit a significant negative correlation with respiratory symptoms. Regarding neurological symptoms, the use of respiratory protection (OR=0.004, 95% CI: 0.00–0.16) and facial/ocular protection (OR=0.004, 95% CI: 0.00–0.16) demonstrated a significant protective effect, as did training (OR=0.02, 95% CI: 0.01–0.58). For ocular symptoms, fume extraction systems (OR=0.01, 95% CI: 0.00–0.30) and preventive training (OR=0.02, 95% CI: 0.00–0.29) were identified as protective factors. Concerning cardiovascular symptoms, the use of respiratory protection (OR=0.02, 95% CI: 0.00–0.46) and facial/ocular protection (OR=0.02, 95% CI: 0.00–0.46) proved to be effective measures, while facial/ocular protection also showed a significant impact (OR=0.004, 95% CI: 0.00–0.12). It is concluded that exposure to welding fumes adversely affects the health of metalworkers, therefore, reinforcing preventive measures is essential to enhance occupational safety and mitigate long-term health effects.

Keywords: Welding fumes, Occupational health, Workplace safety.

Sumário

A exposição a fumos de soldagem representa um risco à saúde dos trabalhadores do setor metalomecânico em nível mundial. Este estudo teve como objetivo identificar sintomas associados a doenças respiratórias, neurológicas, oculares e cardiovasculares em soldadores do cantão Ambato. Para tanto,

realizou-se um estudo transversal e correlacional com abordagem quantitativa; aplicou-se um questionário estruturado com validade de 0,97 segundo Hernández Nieto e confiabilidade de 0,98 conforme o Alfa de Cronbach a 115 soldadores com mais de um ano de experiência e sem doenças pré-existentes. Os resultados demonstram que os sistemas de exaustão de fumos (OR=0,01; IC95%: 0,00-0,18) e o treinamento em segurança (OR=0,02; IC95%: 0,00-0,27) possuem uma relação negativa e significativa com sintomas respiratórios. No caso dos sintomas neurológicos, o uso de proteção respiratória (OR=0,004; IC95%: 0,00-0,16) e facial-ocular (OR=0,004; IC95%: 0,00-0,16) apresentou um efeito protetor significativo, assim como o treinamento (OR=0,02; IC95%: 0,01-0,58). Para os sintomas oculares, o sistema de exaustão (OR=0,01; IC95%: 0,00-0,30) e o treinamento em prevenção (OR=0,02; IC95%: 0,00-0,29) foram fatores protetores. Quanto aos sintomas cardiovasculares, o uso de proteção respiratória (OR=0,02; IC95%: 0,00-0,46) e facial-ocular (OR=0,02; IC95%: 0,00-0,46) demonstrou ser medidas eficazes, enquanto a proteção facial-ocular também apresentou impacto significativo (OR=0,004; IC95%: 0,00-0,12). Conclui-se que a exposição a fumos de soldagem afeta a saúde dos soldadores metalomecânicos, de modo que o fortalecimento das medidas de prevenção é essencial para melhorar a segurança ocupacional e reduzir efeitos a longo prazo.

Palavras-chave: fumaça de soldagem, saúde ocupacional, segurança ocupacional.

Introducción

Según la Comisión Sueca de Bienestar, en Europa hay aproximadamente 750.000 trabajadores dedicados a labores de soldadura, mientras que en Estados Unidos se reportan alrededor de 380.000 operarios. Estos volúmenes ponen de manifiesto la alta demanda

de la ocupación y la exposición de millones de personas a riesgos inhalatorios. La magnitud de este fenómeno exige reconocer la soldadura como fuente importante de contaminantes atmosféricos industriales. En este contexto, resulta relevante considerar la normativa internacional que regulan la exposición a estos contaminantes (Marrugo et al., 2020). La norma ISO 21904 establece directrices para la captura y filtración de humos de soldadura en el punto de generación. Sus parámetros especifican requisitos para sistemas de extracción que reducen la presencia de óxidos metálicos y monóxido de carbono. La aplicación rigurosa de estos lineamientos minimiza la emisión de partículas tóxicas. Su adopción representa un paso clave para proteger al operario y al entorno laboral además comprender la naturaleza física y química de estos humos es fundamental para valorar su peligrosidad (UNE-EN ISO 21904-1, 2020).

La constitución de los humos de soldadura proviene del proceso térmico que funde metales, generando vapores que se enfrían y condensan en partículas finas. Dichas partículas contienen óxidos metálicos, compuestos volátiles y gases tóxicos. Elementos como hierro, cromo, níquel, manganeso y plomo se liberan en diferentes tamaños y concentraciones, lo que permite explorar en detalle los mecanismos de formación. La diversidad en su composición y tamaño ultrafino facilita su inhalación profunda, aumentando el impacto tóxico en los órganos vitales (García et al., 2019). Diversos estudios han demostrado que la exposición prolongada a estos contaminantes eleva el riesgo de padecer síntomas respiratorios. La inhalación constante de partículas puede provocar desde una leve irritación hasta afecciones más severas, como bronquitis y disminución de la función pulmonar. Estos riesgos respiratorios pueden agravarse dependiendo de las condiciones del

entorno de trabajo (Mejía y González, 2023). Investigaciones internacionales han evidenciado una asociación entre la exposición a humos de soldadura y el aumento del riesgo de desarrollar ciertos cánceres, particularmente de laringe y oral. La preocupación radica en la exposición crónica a concentraciones bajas, las cuales a lo largo del tiempo pueden desencadenar procesos cancerígenos, pero los efectos nocivos no se limitan solo al sistema respiratorio (Barul et al., 2020).

También la exposición a metales pesados, como el manganeso, se ha vinculado con alteraciones neurológicas. Soldadores expuestos muestran cambios en la función cerebral y en la capacidad motora, lo que puede derivar en síntomas neuroconductuales, estos efectos, a menudo sutiles al principio, pueden avanzar y afectar áreas clave del cerebro con implicaciones en el rendimiento cognitivo y motriz. Resulta esencial detectar estos cambios para minimizar el daño a través de medidas de control y protección (Mehrfar et al., 2020). Estudios también han señalado efectos adversos en el sistema cardiovascular. En investigaciones realizadas en Suecia se verifica que incluso niveles bajos o moderados de exposición a los humos de soldadura pueden elevar la presión arterial, lo que aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Este incremento de la presión arterial, asociado con la exposición constante a contaminantes, exige la revisión de las normativas existentes para proteger el sistema cardiovascular de los trabajadores (Taj et al., 2021).

Así mismo ciertos estudios evidencian que los humos de soldadura, al entrar en contacto con la superficie ocular, pueden inducir lesiones que van desde irritaciones hasta daños severos en la visión. La soldadura por arco eléctrico presenta un riesgo especialmente elevado, haciendo imprescindible el uso de protección ocular

adecuada, la prevención de estas lesiones se basa en el uso correcto de equipos de protección personal y en la capacitación del personal para minimizar la exposición directa. Estas medidas son esenciales para mantener la integridad de la salud visual de los operadores (Barul et al., 2020). Todos estos efectos negativos en la salud de los trabajadores se ven intensificada por la carencia de controles eficaces tanto en la fuente de emisión como en el entorno laboral y en las prácticas del operario. La inexistencia de sistemas de extracción adecuados, una ventilación deficiente y el uso incorrecto o insuficiente del equipo de protección personal (EPP) incrementan significativamente la cantidad de contaminantes inhalados. Estas deficiencias en la gestión del riesgo amplifican los efectos tóxicos sobre la salud del trabajador y disminuyen la efectividad de las medidas preventivas individuales, ante este panorama, se vuelve urgente adoptar un enfoque integral que abarque la prevención, regulación y educación (Fikayo et al., 2023).

Ante la evidencia de múltiples efectos adversos (respiratorios, cancerígenos, neurológicos, cardiovasculares y oculares) se hace imperativo adoptar medidas preventivas y actualizar los marcos normativos (The American Welding Society, 2022). Bajo los antecedentes expuestos, que evidencian la alta exposición de los trabajadores del sector metalmeccánico a los humos de soldadura y sus múltiples implicaciones en la salud, se llevó a cabo la presente investigación. Esta busca aportar datos relevantes sobre las condiciones laborales actuales en talleres industriales del Cantón Ambato, tomando como base normativa y científica estudios previos.

Materiales y Métodos

La investigación presentada se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo-correlacional, sustentada en una modalidad

bibliográfica, documental y de campo, ejecutada durante el primer cuatrimestre del año 2025. La población del estudio corresponde a 92 talleres metalmeccánicos legalmente constituidos en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Esta fue obtenida a partir de la base de datos pública “Catastro RUC por provincia - Personas Naturales y Sociedades”, disponible en el portal del Servicio de Rentas Internas (SRI) del Ecuador, donde se filtraron los establecimientos por cantón, actividad económica y código CIU correspondiente a procesos relacionados con metales y soldadura.

Para la selección de la muestra se utilizó un muestreo estratificado proporcional, considerando como estratos las diferentes parroquias de la ciudad de Ambato. De cada estrato se extrajo un número de participantes proporcional al tamaño de su población, garantizando una representación adecuada de cada unidad productiva en el estudio, de esta manera se estableció una muestra de 75 talleres, donde se encuestó a 115 trabajadores. Se obtuvo el consentimiento informado de la mayoría de los trabajadores después de poner en su conocimiento los objetivos del estudio. Así también se les comunicó que eran libres de retirarse en cualquier momento. Los criterios de inclusión consideraron a trabajadores con más de un año de experiencia activa en soldadura, mientras que se excluyeron a aquellos con antecedentes médicos de enfermedades previamente diagnosticadas para evitar sesgos en los resultados sobre exposición ocupacional. Se consideró dos variables: humos de soldadura como variable independiente y salud de los trabajadores como variable dependiente. Se analizó cómo la exposición a estos contaminantes causa afecciones a la salud de los soldadores. Para la obtención de información se emplearon dos técnicas: búsqueda bibliográfica y encuesta.

La revisión bibliográfica consistió en una búsqueda de artículos indexados en bases de datos. Las palabras clave fueron “soldadura”, “soldadores”, “humos de soldadura”, “partículas ultrafinas”, “salud”, “welding”, “welders”, “welding fumes”, “health”. La búsqueda incluyó el idioma inglés y español, además, debían ser publicados en los últimos 5 años (2020-2025). Los artículos seleccionados siguieron el siguiente proceso:

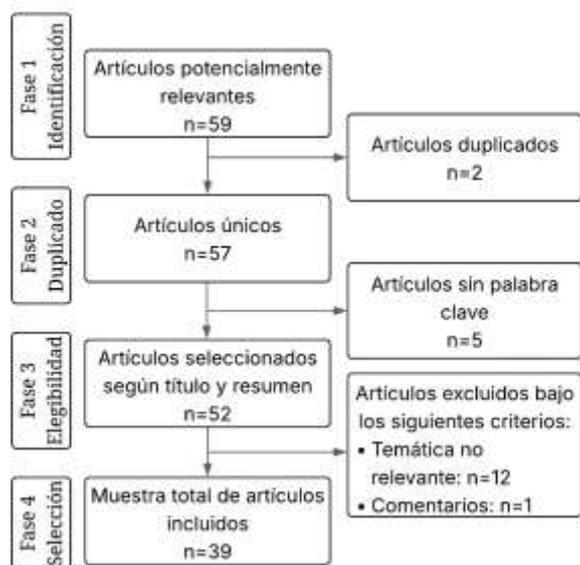


Figura 1. Flujograma de búsqueda y selección de artículos.

La encuesta estuvo compuesta por 23 preguntas se evaluó mediante el método de Hernández Nieto, obteniendo un índice de 0.97, mientras que la prueba piloto, aplicada a una muestra similar a la población objetivo, mostró una alta confiabilidad con un Alfa de Cronbach de 0.98. A través de la encuesta se buscó recopilar datos sobre las condiciones sociodemográficas y laborales en los soldadores, así como identificar la presencia de síntomas visibles asociados a humos de soldadura. En particular se investigaron síntomas asociados a afecciones respiratorias, neurológicas, cardiovasculares y oculares. Para el análisis de los datos se realizó una codificación dicotómica, categorizando las respuestas sobre las condiciones laborales y la presencia de síntomas en valores de "Sí" y "No".

Posteriormente, se calculó el Odds Ratio (OR) para determinar la probabilidad de desarrollar afecciones en función de la exposición laboral. Los valores obtenidos se interpretaron considerando que un OR=1 indica que no hay relación entre variables, un OR>1 señala una asociación positiva mientras que un OR<1 implica una relación negativa. Para mejorar la precisión de las estimaciones en casos de celdas con valores pequeños o nulos, se aplicó el factor de corrección de Haldane-Anscombe, lo que permitió ajustar los cálculos de Odds Ratio y evitar distorsiones en la interpretación de los datos. El procesamiento de datos se llevó a cabo mediante Microsoft Excel, permitiendo la organización de la información y la evaluación de asociaciones entre variables.

Resultados y Discusión

Características sociodemográficas de los encuestados

Tabla 1. Características de los soldadores

Característica	Diferencial or	Frecuencia (%)
Conocimiento riesgos	Conocen	47 (41%)
	Desconocen	68 (59%)
Experiencia (años)	<1	0 (0%)
	1-3	1 (1%)
	4-6	4 (3%)
	7-10	17 (15%)
	>10	93 (81%)
Jornada de trabajo (por día)	<8 horas	111 (97%)
	>8 horas	4 (3%)
Duración de la exposición (por día)	<8 horas	114 (99%)
	>8 horas	1 (1%)
Han recibido capacitación	Sí	32 (28%)
	No	83 (72%)
	Edad (años), media (± DE)	42,02 (± 8,35)

Fuente: elaboración propia.

El 41% (47) de los soldadores conocía los riesgos de los humos de soldadura, mientras que el 59% (68) desconocía sus efectos en la salud. Así mismo el 81% (93) tenía más de 10 años de experiencia, seguido por un 15% (17) con entre 7 y 10 años, un 3% (4) con entre 4 y 6 años y solo un 1% (1) con entre 1 y 3 años. Ningún

trabajador tenía menos de un año de experiencia. El 97% (111) de la muestra trabajaban menos de 8 horas al día, mientras que el 3% (4) superaba este límite. De manera similar, el 99% (114) estaba expuesto a humos de soldadura por menos de 8 horas diarias, con solo un 1% (1) que excedía este tiempo. Menos de una tercera parte de los soldadores (28%) había recibido capacitación en prevención de riesgos laborales, mientras que el 72% (83) no había sido instruido en medidas de seguridad. El desconocimiento sobre los riesgos de los humos de soldadura y la falta de capacitación formal es un factor preocupante.

En la investigación de campo los trabajadores señalaron que no habían recibido formación de manera formal, sino que habían adquirido conocimientos a través de la experiencia directa o la orientación de sus compañeros, lo que podría afectar la correcta implementación de medidas de prevención. Este hallazgo coincide con investigaciones previas que han demostrado que la falta de conocimiento está directamente relacionada con la baja adopción de medidas preventivas lo cual puede ser causal de una sobreexposición a agentes contaminantes (Dueck et al., 2021). Así mismo Ahmad y Balkhyour (2020) menciona la falta de educación, capacitación y concienciación como problemas entre los soldadores lo cual está vinculado a síntomas respiratorios. Por otro lado, el 97% (111) labora jornadas inferiores a ocho horas y el 99% (114) dedica menos de ocho horas diarias al contacto con humos, dichas condiciones disminuyen la dosis acumulada de contaminantes. No obstante, la edad promedio de $42,0 \pm 8,35$ años coincide con umbrales en los que pueden manifestarse efectos crónicos por exposiciones prolongadas (Lucas et al., 2022), lo que marca la necesidad de fortalecer programas de vigilancia y educación en salud ocupacional.

Condiciones laborales

Tabla 2. *Condiciones de trabajo*

Variable	Condición	Frecuencia (%)
Espacio ventilado	Si	113 (98%)
	No	2 (2%)
Uso de protección respiratoria	Si	113 (98%)
	No	2 (2%)
Uso de protección facial/ocular	Si	114 (99%)
	No	1 (1%)
Sistema de extracción de humos	Si	3 (3%)
	No	112 (97%)

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 2, se observa que, la ventilación del área de soldadura estuvo disponible en el 98 % (113) de los talleres, reflejando una infraestructura básica como ventanas, techos altos, amplias aberturas y buena circulación de aire para la renovación de este. Este resultado sugiere que la mayoría de los talleres han adoptado prácticas básicas para reducir la acumulación de contaminantes en el ambiente. Este resultado se alinea con el estudio de (Baldeón Quishpe et al., 2023), donde demuestra que los trabajadores desempeñan sus labores en espacios con ventilación natural lo que influye en la dispersión de contaminantes y la calidad del aire en el entorno laboral. A diferencia de esta investigación en una encuesta realizada en Australia se evidencia que la gran mayoría de espacios de trabajo no cuentan con sistemas de ventilación lo cual hace que los soldadores estén expuestos partículas como el cromo y níquel (Fritschi et al., 2024).

Asimismo, en la tabla 2 se establece que, el uso de protección respiratoria y facial/ocular (casco de soldar) alcanzó el 98 % (113) y 99 % (114), respectivamente, lo que evidencia una cultura sólida de autoprotección individual entre los trabajadores. Sin embargo, a pesar de este alto índice de uso de EPP respiratorio, la investigación de campo reveló que 16 % (18) de los trabajadores utilizaban mascarillas médicas como protección, las cuales no son técnicamente adecuadas para la filtración de

partículas nocivas para el organismo, lo cual los expone a riesgos ocupacionales. Este dato refuerza la importancia de las regulaciones de seguridad en la industria, que suelen exigir el uso obligatorio de estos equipos para evitar enfermedades ocupacionales o accidentes laborales (Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo, 2024). Estos hallazgos contrastan con los resultados obtenidos por (Taj et al., 2021) donde solo el 9.8% de los soldadores utilizaba un respirador de manera regular al realizar sus actividades. Esta baja frecuencia de uso deja a una parte significativa de los trabajadores sin una barrera efectiva contra la inhalación de contaminantes, lo que incrementa los riesgos para su salud.

Finalmente, y bajo el mismo contexto investigaciones previas han señalado que la capacitación inadecuada y el uso incorrecto de los equipos pueden comprometer la eficacia de estos, aumentando el riesgo de lesiones oculares (Kwaku et al., 2020). Aunque la protección visual es una medida esencial, su uso debe ir acompañado de educación sobre mantenimiento y selección adecuado para maximizar su efectividad. Por otro lado, la presencia de sistemas de extracción de humos fue mínima, con solo el 3% de los talleres contando con mecanismos de filtración adecuados, mientras que el 97% operaba sin dispositivos de extracción de contaminantes. Este hallazgo es preocupante ya que estudios previos han demostrado que la ausencia de sistemas de extracción de humos incrementa las concentraciones de contaminantes lo cual acrecienta el riesgo para la salud de los trabajadores (Mehrfar et al., 2020). Así mismo Vera y Quintanilla (2024) menciona el uso de sistemas de filtración y/o ventilación localizada como una estrategia preventiva a corto plazo para reducir las afecciones a la salud de los trabajadores.

Sintomatología de exposición a humos de soldadura

Tabla 3. Síntomas asociados a enfermedades

Tipo	Síntoma	Frecuencia (%)
Respiratorio	Dificultad respiratoria	1 (1%)
	Tos	41 (32%)
	Silbidos durante la respiración	13 (10%)
	Fiebre del soldador	13 (10%)
	No presenta	60 (47%)
Neurológicos	Alteraciones del sueño	1 (1%)
	Dolor de cabeza	19 (17%)
	Pérdida del olfato	1 (1%)
	Rigidez muscular	1 (1%)
	No presenta	80 (70%)
Cardiovasculares	Fatiga	82 (71%)
	Presión arterial	6 (5%)
	No presenta	27 (24%)
Oculares	Irritación ocular	89 (77%)
	No presenta	26 (26%)

Fuente: elaboración propia.

El 32% (41) de los soldadores presentó síntomas respiratorios como tos, mientras que el 10% (13) reportó silbidos durante la respiración. Además, otro 10% presentó síntomas relacionados con la fiebre del soldador y el 1% (1) dificultad respiratoria. Sin embargo, el 47% (60) de los trabajadores no manifestó síntomas respiratorios. Cha et al. (2023) advierte que la inhalación prologada de humos de soldadura puede inducir una neumonitis química cuyos síntomas incluyen dificultad respiratoria y malestar general similares a los de una gripe. Así mismo una inhalación de grandes cantidades de humos de soldadura en periodos cortos de tiempo puede causar una disfunción pulmonar con síntomas similares (Kaida et al., 2022). En el grupo de síntomas neurológicos, el dolor de cabeza fue la manifestación más común con un 17% (19), mientras que alteraciones del sueño, pérdida del olfato y rigidez muscular afectaron solo en 1% a los trabajadores en cada caso. Estos hallazgos son congruentes con el estudio de Mehrfar et al. (2020) el cual evidencia que los agentes contaminantes presentes en los humos de soldadura, como el manganeso, tienen un alto

potencial de provocar deterioros neuroconductuales en los soldadores.

En el ámbito cardiovascular, el 71% (82) de los soldadores manifestó fatiga, mientras que el 5% (6) reportó presión arterial alta. La exposición a humos de soldadura en niveles bajos a moderados puede inducir a un incremento de la presión arterial lo que representa un riesgo directo en el sistema cardiovascular (Taj et al., 2021). Por otro lado, los síntomas oculares fueron los más frecuentes, con un 77% de los trabajadores reportando irritación ocular, mientras que el 23% no presentó molestias visuales. La exposición directa a humos generados por la soldadura por arco eléctrico combinada con el no uso de protección ocular representa un alto riesgo de lesiones oculares (AlMahmoud et al., 2020).

Relación entre condiciones laborales y síntomas

Tabla 4. *Relación condiciones laborales y síntomas respiratorios.*

Síntomas respiratorios			
Condición laboral	OR	IC 95%	NS
Espacio ventilado.	0,16	0,01-3,51	No significativo
Sistema de extracción.	0,01	0,00-0,18	Significativo
Uso de protección respiratoria.	0,28	0,01-7,02	No significativo
Uso de protección facial/ocular.	0,28	0,01-7,02	No significativo
Conocimiento de riesgos.	0,08	0,00-1,43	No significativo
Capacitación y prevención.	0,02	0,00-0,27	Significativo

Fuente: elaboración propia

La relación entre condiciones laborales y síntomas respiratorias muestran variaciones significativas en algunos factores de exposición. El uso de sistemas de extracción de humos presento un OR=0.01 con un intervalo de confiabilidad del 95% (0.00-0.18). Así mismo, la capacitación y prevención mostro tener relación con un OR=0.02 (IC 95%: 0.00-0.27). Por otro lado, el uso de protección

respiratoria, ventilación en el espacio de trabajo, protección facial/ocular y el conocimiento de riesgos de la exposición a humos de soldadura mostraron un efecto protector para los soldadores, pero sus asociaciones no se mostraron estadísticamente significativas. La fuerte relación negativa entre la presencia de sistemas de extracción y menor incidencia de síntomas respiratorios coincide con estudios previos que evidencian que la extracción local junto con la ventilación en el lugar de trabajo es suficiente para reducir la exposición a partículas generadas en los procesos de soldadura y así disminuir las afecciones al sistema respiratorio (Berger et al., 2021). Así mismo la falta de capacitación y el equipo de protección respiratoria tiene gran asociación con afecciones respiratorias crónicas como tos y disnea (Badima et al., 2024).

Estos hallazgos confirman los humos de soldadura como un factor de riesgos para la salud respiratoria de los trabajadores, coincidiendo con investigaciones previas que han demostrado la relación entre la inhalación de partículas y síntomas respiratorios crónicos. Un estudio realizado en Ikene, Nigeria, informa concentraciones de cromo, níquel y manganeso superiores a los umbrales permitidos, lo que se tradujo en un deterioro en la función pulmonar (Fikayo et al., 2023). Uno de los aspectos más preocupantes es la duración de la exposición y el uso inadecuado de equipos de protección personal, factores que agravan el riesgo de desarrollar enfermedades pulmonares como la tos (Chuang et al., 2022). Además, estudios previos han demostrado que la composición de los humos de soldadura y la cantidad de contaminantes inhalados en un período determinado de tiempo pueden provocar inflamación pulmonar y supresión de las defensas inmunológicas, afectando la capacidad de respuesta del organismo ante agresores ambientales (Riccelli et al., 2020). Estudios

muestran que la exposición a corto plazo entre 1 semana e inclusive 24 horas afectan el sistema respiratorio causando que las vías respiratorias permanezcan contraídas ligeramente de maneja prolongada (Krabbe et al., 2023). Esto enfatiza la necesidad de intervenciones preventivas tempranas y el fortalecimiento de las estrategias de seguridad ocupacional.

Dado el impacto significativo de estos contaminantes en la salud respiratoria, es esencial promover una cultura de prevención entre los soldadores, incentivando el uso adecuado de equipos de protección respiratoria y la reducción de los tiempos de exposición. Además, se recomienda que los trabajadores reciban capacitaciones periódicas sobre los efectos de los humos de soldadura y los métodos más eficaces para minimizar su impacto en la salud. Sin estas medidas, el riesgo de desarrollar afecciones respiratorias continuará incrementándose, afectando la calidad de vida y la productividad laboral de los trabajadores expuestos.

Tabla 5. *Relación condiciones laborales y síntomas neurológicos.*

Síntomas neurológicos			
Condición laboral	OR	IC 95%	NS
Espacio ventilado.	0,02	0,00-1,84	No significativo
Sistema de extracción.	0,20	0,00-8,83	No significativo
Uso de protección respiratoria.	0,004	0,00-0,16	Significativo
Uso de protección facial/ocular.	0,004	0,00-0,16	Significativo
Conocimiento de riesgos.	0,03	0,00-1,68	No significativo
Capacitación y prevención.	0,02	0,01-0,58	Significativo

Fuente: elaboración propia

El uso de protección respiratoria y protección facial/ocular demostraron ser variables

negativas y altamente significativas, con un OR de 0.004 y un IC95% (0.00-0.16), así también, la capacitación tiene gran incidencia en la disminución de afecciones neurológicas con un OR de 0.02 (IC95%: 0.01-0.58). Esto indica que el uso adecuado de estos equipos de protección y capacitación de los riesgos y su prevención reduce significativamente el riesgo de síntomas neurológicos en los trabajadores expuestos a humos de soldadura. Por otro lado, variables como el espacio ventilado, el sistema de extracción, el conocimiento de riesgos y la capacitación y prevención mostraron ser variables negativas, pero con asociaciones no significativas con la presencia de síntomas neurológicos. Aunque el sistema de extracción de humos presentó un OR de 0.20, su intervalo de confianza es amplio (0.00-8.83), lo que indica una baja precisión en la estimación del efecto.

La relación significativa entre el uso de EPP respiratorio y facial/ocular se alinean con el estudio de Tsuji et al. (2023) donde informa que la inhalación de manganeso puede llegar al sistema sanguíneo causando una disfunción neurológica así también tiene un gran potencial de bioacumularse en el organismo afectando al sistema nervioso central. Bajo la misma línea, la exposición crónica genera una acumulación progresiva en el cerebro incrementando el riesgo de trastornos neuroconductuales y neurológicos (Thunberg et al., 2024). Datos recientes han revelado que el Manganeso (Mn) también se deposita en otras regiones cerebrales, afectando áreas relacionadas con la función motora y cognitiva (Monsivais et al., 2024; Wu et al.2024). Dado el impacto de la exposición al Manganeso (Mn) en la salud neurológica, es primordial reforzar las medidas de protección en el lugar de trabajo. Se recomienda la medición de los índices de manganeso presentes en los talleres metalmecánicos.

Tabla 6. *Relación condiciones laborales y síntomas oculares*

Síntomas oculares			
Condición laboral	OR	IC 95%	NS
Espacio ventilado.	0,60	0,03-12,87	No significativo
Sistema de extracción.	0,01	0,00-0,30	Significativo
Uso de protección respiratoria.	1,05	0,04-26,49	No significativo
Uso de protección facial/ocular.	3,18	0,06-164,15	No significativo
Conocimiento de riesgos.	0,11	0,01-1,89	No significativo
Capacitación y prevención.	0,02	0,00-0,29	Significativo

Fuente: elaboración propia

El sistema de extracción de humos presentó un OR de 0.01 (IC95%:0.00-0.30), lo que indica una asociación estadísticamente significativa con la disminución del riesgo laboral. De manera similar, la capacitación y prevención también mostró un efecto protector, con un OR de 0.02 (IC 95%: 0.00-0.29), lo que sugiere que los programas de formación en seguridad ocupacional desempeñan un papel clave en la reducción de la exposición. Por otro lado, variables como espacio ventilado (OR=0.60, IC 95%: 0.03-12.87), uso de protección respiratoria (OR=1.05, IC 95%: 0.04-26.49), protección facial/ocular (OR=3.18, IC 95%: 0.06-164.15) y conocimiento de riesgos (OR=0.11, IC 95%: 0.01-1.89) no mostraron una relación estadísticamente significativa, lo que sugiere que su impacto en la reducción del riesgo podría depender de factores adicionales como la correcta implementación, el tiempo de exposición y el cumplimiento de los protocolos de seguridad.

El uso de sistemas de extracción de humos ha demostrado ser una medida eficaz para reducir la concentración de nanopartículas presentes en los humos de soldadura, mejorando así la calidad del aire y proporcionando un entorno laboral más seguro para los soldadores (Berger et al., 2021) esta relación refuerza la alta

significancia estadística entre la implementación de estos sistemas y la disminución de afecciones oculares, lo que subraya su importancia en la prevención de riesgos ocupacionales. Por otro lado, la capacitación en seguridad ha sido un factor clave en la reducción del riesgo, aunque la mayoría de los trabajadores reportó haber adquirido conocimiento a través de la experiencia o de la información proporcionada por sus compañeros. Esto evidencia una carencia de formación estructurada sobre los riesgos asociados a la exposición prolongada a humos de soldadura, lo que podría limitar la correcta aplicación de medidas preventivas. La asociación positiva, aunque no significativa, entre el uso de protección respiratoria y la disminución de afecciones oculares puede explicarse por la falta de capacitación en el uso adecuado de los Equipos de Protección Personal (EPP). La incorrecta utilización de estos dispositivos impide que cumplan su función de forma efectiva, reduciendo su impacto en la prevención de lesiones oculares (Kwaku et al., 2020). Estos hallazgos resaltan la necesidad de protocolos de capacitación obligatorios, asegurando que los trabajadores comprendan la importancia del uso correcto de sus equipos de protección.

Tabla 7. *Relación condiciones laborales y síntomas cardiovasculares*

Síntomas cardiovasculares			
Condición laboral	OR	IC 95%	NS
Espacio ventilado.	0,06	0,00-3,80	No significativo
Sistema de extracción.	0,19	0,01-6,48	No significativo
Uso de protección respiratoria.	0,02	0,00-0,46	Significativo
Uso de protección facial/ocular.	0,02	0,00-0,46	Significativo
Conocimiento de riesgos.	0,07	0,00-4,06	No significativo
Capacitación y prevención.	0,004	0,00-0,12	Significativo

Fuente: elaboración propia

El uso de protección respiratoria y protección facial/ocular demostraron ser factores protectores, con un OR de 0.02 (IC95%: 0.00-0.46), lo que indica una asociación estadísticamente significativa con la disminución de riesgos laborales. De manera similar, la capacitación y prevención evidenció un impacto significativo, con un OR de 0.004 (IC 95%: 0.00-0.12), reforzando su importancia en la minimización de riesgos en el entorno de trabajo. En contraste, variables como espacio ventilado (OR=0.06, IC 95%: 0.00-3.80), sistema de extracción de humos (OR=0.19, IC 95%: 0.01-6.48) y conocimiento de riesgos (OR=0.07, IC 95%: 0.00-4.06) no mostraron una relación estadísticamente significativa, lo que sugiere que su impacto en la reducción del riesgo podría depender de otros factores, como el nivel de cumplimiento de los protocolos de seguridad, la correcta implementación de las medidas preventivas y la frecuencia de exposición a los agentes contaminantes.

Estos resultados coinciden con el estudio de Dauter et al. (2024), el cual señala que, aunque la exposición a humos de soldadura de acero dulce se encuentra dentro de los límites ocupacionales establecidos en Europa y EE. UU. (1-5 mg/m³), aún en estos niveles pueden producirse alteraciones en la abundancia de proteínas asociadas a síntomas cardiovasculares. Asimismo, un estudio realizado en Suecia evidencia que incluso con una exposición baja a moderada a humos de soldadura, pueden manifestarse cambios cardiovasculares como el aumento de la presión arterial, lo que refuerza la necesidad de revisar los límites de exposición ocupacional para proteger la salud de los trabajadores (Taj et al., 2021). Cabe mencionar que esta investigación tuvo limitaciones que pueden afectar los resultados. Uno de los principales es la dependencia de datos auto reportados. La recopilación de información sobre las

condiciones de seguridad laboral y sintomatología en la salud se basó en percepciones individuales de los trabajadores, lo que puede estar sujeto a sesgos. Además, no se realizaron pruebas médicas detalladas para confirmar diagnósticos de afecciones a la salud para determinar una enfermedad, lo que impide una evaluación más precisa del impacto de la exposición ocupacional. Por otro lado, la ausencia de mediciones ambientales directas es otro factor a considerar. No se realizaron análisis cuantificables de la concentración de partículas en los talleres de soldadura, lo que limita la capacidad de establecer comparaciones precisas entre la exposición real y los estándares ocupacionales vigentes.

Este estudio establece un punto de partida para futuras investigaciones más detalladas y el desarrollo de estrategias de prevención destinadas a proteger y mejorar la salud respiratoria de la población analizada. En primer lugar, es esencial realizar mediciones ambientales que permitan cuantificar la concentración de partículas en los espacios de trabajo. Esto facilitaría la comparación con los límites de exposición ocupacional vigentes, ayudando a establecer regulaciones más precisas y adaptadas a las necesidades reales de los soldadores. Otra área de investigación prometedora radica en el área de la salud mediante el uso de biomarcadores para identificar alteraciones tempranas en la salud ocupacional. La evaluación de sustancias tóxicas en el ambiente de trabajo podría proporcionar una herramienta útil para la detección preventiva y el seguimiento de los trabajadores en riesgo.

Finalmente, se recomienda evaluar el impacto de las regulaciones de seguridad laboral en la reducción de riesgos. Comparar entornos donde se aplican normativas más estrictas con aquellos donde las regulaciones son menos rigurosas

permitiría determinar qué estrategias son más efectivas para proteger la salud de los trabajadores expuestos a humos de soldadura.

Conclusiones

De acuerdo con esta investigación, se pueden extraer las siguientes conclusiones generales sobre la exposición a humos de soldadura y su impacto en la salud de los soldados del cantón Ambato: La ausencia de controles de ingeniería limita la carga de contaminantes (humos de soldadura), por lo cual a pesar del uso de equipos de protección personal los soldados aún se enfrentan a un importante riesgo laboral. La ventilación general, aun cuando está presente en la mayoría de los talleres, no resulta suficiente para evitar la dispersión de partículas finas y vapores tóxicos, por lo que debe complementarse con soluciones de captación en el punto de generación. La implementación de sistemas de extracción de humos y la capacitación en prevención muestran un impacto protector en la reducción de afecciones respiratorias, lo cual recalca su importancia en la salud pulmonar.

Se encontró que la reducción de la irritación ocular estaba significativamente relacionada con los sistemas de extracción de humos y los programas de educación preventiva. La alta prevalencia de protección facial en el muestreo contrastó con el nivel de irritación reportada cuando faltaba formación. El análisis destaca que es crucial combinar las medidas estructurales y educativas para preservar la salud de los soldados, la implementación de controles de ingeniería, formación y utilización de EPP es esencial para reducir la exposición a humos provenientes de la soldadura. La exposición a humos de soldadura afecta la salud de los soldados metalmecánicos, aumentando riesgos respiratorios, neurológicos, oculares y cardiovasculares, es de vital importancia fortalecer las medidas de prevención para

mejorar la seguridad laboral y minimizar daños a largo plazo.

Referencias Bibliográficas

- Ahmad, I., & Balkhyour, M. A. (2020). Occupational exposure and respiratory health of workers at small scale industries. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(3), 985–990. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.01.019>
- AlMahmoud, T., Elkonaisi, I., Grivna, M., AlNuaimi, G., & Abu-Zidan, F. M. (2020). Eye Injuries and Related Risk Factors among Workers in Small-scale Industrial Enterprises. *Ophthalmic Epidemiology*, 27(6), 453–459. <https://doi.org/10.1080/09286586.2020.1770302>
- Badima, H., Kumie, A., Meskele, B., & Abaya, S. W. (2024). Welding fume exposure and prevalence of chronic respiratory symptoms among welders in micro- and small-scale enterprise in Akaki Kaliti sub-city, Addis Ababa, Ethiopia: a comparative cross-sectional study. *BMC Pulmonary Medicine*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12890-024-02958-2>
- Baldeón, P., Jácome, M., Ludeña, L., Oña, B., & Chicaiza, W. (2023). Evaluación higiénica de material particulado en trabajos de soldadura de la empresa Simsa Metalmeccanica S.A. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 7663–7685. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5904
- Barul, C., Matrat, M., Auguste, A., Dugas, J., Radoï, L., Menvielle, G., Févotte, J., Guizard, A. V., Stücker, I., & Luce, D. (2020). Welding and the risk of head and neck cancer: the ICARE study. *Occupational and environmental medicine*, 77(5), 293–300. <https://doi.org/10.1136/OEMED-2019-106080>
- Berger, F., Bernatíková, Š., Kocůrková, L., Přichystalová, R., & Schreiberová, L. (2021). Occupational exposure to nanoparticles originating from welding – case studies from the Czech Republic. *Medycyna Pracy*, 72(3),

- 219–230.
<https://doi.org/10.13075/mp.5893.01058>
- Cha, E., Jeon, D., Kang, D., Kim, Y., & Kim, S.-Y. (2023). Neumonitis química por inhalación de humos de óxido de zinc en un soldador de arco. *Kompass Neumología*, 5(1), 33–37.
<https://doi.org/10.1159/000528666>
- Chuang, H., Hariri, A., Fernando, J., Li, G., Jiang, J., Liao, Y., Wan, S., Yao, Y., Luo, Y., Chen, X., Qian, H., Dai, X., Yin, W., Min, Z., Yi, G., & Tan, X. (2022). Risk for lung-related diseases associated with welding fumes in an occupational population: Evidence from a Cox model.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.990547>
- Dauter, U., Gliga, A., Albin, M., & Broberg, K. (2024). Longitudinal changes in cardiovascular disease-related proteins in welders. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 97(7).
<https://doi.org/10.1007/S00420-024-02086-8>
- Dueck, M., Rafiee, A., Mino, J., Nair, S., Kamravaei, S., Pei, L., & Quémerais, B. (2021). Welding Fume Exposure and Health Risk Assessment in a Cohort of Apprentice Welders. *Annals of Work Exposures and Health*, 65(7), 775–788.
<https://doi.org/10.1093/annweh/wxab016>
- Fikayo, B., Chimezie, O., John, S., Omotola, O., Mbon, I., Eleonu, P., Ndinne, K., & Atinuke, T. (2023). Occupational Exposure to Welding Fumes and Associated Respiratory Morbidities among arc Welders in Ikenne, Nigeria. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 33(2), 373–382.
<https://doi.org/10.4314/EJHS.V33I2.23>
- Fritschi, L., Driscoll, T., Nguyen, H., Abdallah, K., & Carey, R. (2024). Occupational exposure to welding fume in Australia: An online survey. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 48(4).
<https://doi.org/10.1016/j.anzjph.2024.100165>
- García, J., González J., & Gil, L. (2019). Efectos a la salud por exposición a partículas ultrafinas generadas en los procesos de soldadura.
<https://doi.org/https://doi.org/10.52948/mare.v1i1.178>
- Kaida, H., Utsunomiya, T., Koide, Y., Ueda, Y., Wada, K., Yoshida, Y., Kinoshita, Y., Kushima, H., & Ishii, H. (2022). A case of welder's pneumoconiosis treated with corticosteroid followed by nintedanib. *Respiratory Medicine Case Reports*, 39.
<https://doi.org/10.1016/j.rmcr.2022.101729>
- Krabbe, J., Hansen, C., Otte, N., & Kraus, T. (2023). Short-term exposure to zinc- and copper-containing welding fumes: Effects on pulmonary function in humans. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 78.
<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127169>
- Kwaku, K., Owusu, R., & Axame, W. (2020). Prevalence and Factors Influencing Eye Injuries among Welders in Accra, Ghana. *Advances in Preventive Medicine*, 2020, 1–8.
<https://doi.org/10.1155/2020/2170247>
- Lucas, D., Guerrero, F., Jouve, E., Hery, S., Capellmann, P., & Mansourati, J. (2022). Effect of occupational exposure to welding fumes and noise on heart rate variability: An exposed-unexposed study on welders and airport workers' population. *Frontiers in Public Health*, 10.
<https://doi.org/10.3389/FPUBH.2022.937774>
- Marrugo, D., León, D., Silva, J., Granados, C., & León, G. (2020). Metal fumes: Exposure to heavy metals, their relationship with oxidative stress and their effect on health1. *Producción y Limpia*, 14(2), 8–20.
<https://doi.org/10.22507/PML.V14N2A1>
- Mehrfar, Y., Bahrami, M., Sidabadi, E., & Pirami, H. (2020). The effects of occupational exposure to manganese fume on neurobehavioral and neurocognitive functions: An analytical cross-sectional study among welders. *EXCLI Journal*,

- 19, 372–386.
<https://doi.org/10.17179/excli2019-2042>
- Mejía, J., & González, L. (2023). El trabajo como un factor de riesgo en la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) y otras patologías respiratorias. Revisión narrativa de literatura. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 13(1). <https://doi.org/10.18041/2322-634x/rcso.1.2023.8773>
- Monsivais, H., Yeh, C., Edmondson, A., Harold, R., Snyder, S., Wells, E., Schmidt, T., Foti, D., Zauber, S., & Dydak, U. (2024). Whole-brain mapping of increased manganese levels in welders and its association with exposure and motor function. *NeuroImage*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2024.120523>
- Ministerio de Trabajo del Ecuador. (2024). Anexo 3: Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo. Quito, Ecuador. https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-signed-signed-signed-signed.pdf
- Riccelli, M., Goldoni, M., Poli, D., Mozzoni, P., Cavallo, D., & Corradi, M. (2020). Welding fumes, a risk factor for lung diseases. En *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(7). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072552>
- Taj, T., Gliga, A. R., Hedmer, M., Wahlberg, K., Assarsson, E., Lundh, T., Tinnerberg, H., Albin, M., & Broberg, K. (2021). Effect of welding fumes on the cardiovascular system: A six-year longitudinal study. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 47(1), 52–61. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3908>
- The American Welding Society. (2022). *Health effects from welding exposures: 2019-2020 Literature Update*. <https://aws-p-001.delivery.sitecorecontenthub.cloud/api/public/content/AWS-LiteratureUpdate-2019-2020>
- Thunberg, P., Wastensson, G., Lidén, G., Adjeiwaah, M., Tellman, J., Bergström, B., Fornander, L., & Lundberg, P. (2024). Welding techniques and manganese concentrations in blood and brain: Results from the WELDFUMES study. *NeuroToxicology*, 105, 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2024.09.005>
- Tsuji, M., Koriyama, C., Ishihara, Y., Isse, T., Ishizuka, T., Hasegawa, W., Goto, M., Tanaka, R., Kakiuchi, N., Hori, H., Yatera, K., Kunugita, N., Yamamoto, M., Sakuragi, T., Yasumura, Y., Kono, M., Kuwamura, M., Kitagawa, K., & Ueno, S. (2023). Associations between welding fume exposure and neurological function in Japanese male welders and non-welders. *Journal of Occupational Health*, 65(1). <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12393>
- International Organization for Standardization. (2020). UNE-EN ISO 21904-1: Personal protective equipment for welding—Part 1: General requirements. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0064649>
- Vera, Y., & Quintanilla, J. (2024). Salud pública y riesgos del humo de soldadura. Estrategias preventivas. 1(14), 17–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.13159525>
- Wu, J., Zhang, Q., Ma, M., Dong, Y., Sun, P., Gao, M., Liu, P., & Wu, X. (2024). Gray matter morphometric biomarkers for distinguishing manganese-exposed welders from healthy adults revealed by source-based morphometry. *NeuroToxicology*, 103, 222–229. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2024.07.002>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Giovanni Javier Yanez Moreta, Luis Alberto Morales Perrazo y Christian Gustavo Portero Pérez.

