

Evaluación del riesgo químico por exposición a humos de soldadura en un taller de metalmecánica en Bogotá, Colombia

Chemical risk assessment for exposure to welding fumes in a metalworking workshop in Bogotá, Colombia

Geraldin Nuñez Gaviria¹  <https://orcid.org/0009-0004-7500-4679>

Juan Contreras Gonzalez¹  <https://orcid.org/0009-0006-1594-2895>

Paula Murcia Cuellar¹  <https://orcid.org/0009-0003-1451-6411>

Luis Ignacio López Michelena^{1*}  <https://orcid.org/0000-0003-4114-9605>

Clara Margarita Giraldo Luna^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-8388-3528>

¹Universidad El Bosque, Grupo de Investigación Salud, Ser humano y Trabajo. Bogotá, Colombia.

*Autor para la correspondencia: lilopez@unbosque.edu.co

RESUMEN

Introducción: El humo de soldadura es un polvo ultrafino inhalable que puede causar lesiones pulmonares y extrapulmonares en trabajadores expuestos.

Objetivo: Evaluar el riesgo químico por inhalación de humos metálicos de soldadura en un taller de metalmecánica en la ciudad de Bogotá, Colombia.

Método: Se realizó una investigación descriptiva y transversal, aplicando una encuesta para caracterizar los trabajadores y el método simplificado y cualitativo de evaluación del riesgo por inhalación del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Resultados: En el taller trabajan dos soldadores hombres, las condiciones de aseo y seguridad son deficientes, los controles de la exposición en la fuente, el medio y el individuo son insuficientes, y resalta el uso intermitente de elementos de protección personal. Respecto a la evaluación cualitativa, el riesgo por inhalación de humos de soldadura es moderado.

Conclusiones: El nivel de riesgo por inhalación, las condiciones de trabajo y las medidas de prevención actuales indican que la exposición a humos metálicos no está controlada y puede generar efectos en la salud de



los trabajadores expuestos, por lo que se deben implementar mejores medidas de control y realizar una evaluación cuantitativa de la exposición.

Palabras clave: exposición ocupacional; humos metálicos; metalúrgica; soldadura; soldadores; salud ocupacional

ABSTRACT

Introduction: Welding fumes are an ultrafine inhalable dust that can cause pulmonary and extrapulmonary injuries in exposed workers.

Objective: To evaluate the chemical risk from inhaling metal fumes from welding in a metalworking workshop in Bogotá, Colombia.

Methods: A descriptive and cross-sectional investigation was carried out, applying a survey to characterize the workers and the simplified and qualitative method of inhalation risk assessment of the Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Results: The workshop employs two male welders, cleaning and safety conditions are deficient, exposure controls are insufficient, and intermittent use of personal protective equipment stands out. Regarding the qualitative assessment, the risk of inhalation of welding fumes is moderate.

Conclusions: The inhalation risk, working conditions, and current prevention measures indicate that exposure to metal fumes is not controlled and may cause health effects in exposed workers, better control measures should be implemented, and a quantitative exposure assessment should be carried out.

Keywords: metallurgical; metal fume; metal workers; occupational exposure; welding; occupational health

Recibido; 29 de enero de 2026

Aceptado: 14 de marzo de 2026

Publicado: 14 de marzo de 2026

Editor a cargo: MSc. Jesús Salvador Hernández Romero

Introducción

La soldadura constituye uno de los procesos industriales más utilizados a nivel global para la unión permanente de componentes metálicos y por su versatilidad es clave en sectores como la construcción, la metalmecánica, la



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

industria automotriz y la manufactura.⁽¹⁾ Este proceso se define como la unión localizada de dos materiales, generalmente metálicos, a través del calor, presión o una combinación de ambos, con o sin la adición de material de aporte.⁽¹⁾ En el que se generan estructuras duraderas y de bajo costo relativo, lo que convierte a la soldadura en una herramienta indispensable para la productividad de los países. Sin embargo, la soldadura lleva a serios impactos en la salud de los trabajadores derivados de la exposición a agentes físicos y químicos que, en ausencia de medidas de control, pueden ocasionar enfermedades laborales incapacitantes o la muerte.⁽²⁾

Dentro del perfil de peligros en la soldadura, los humos metálicos ocupan un lugar central. El humo es un aerosol sólido compuesto por partículas ultrafinas que se generan por condensación de vapores a altas temperaturas.⁽¹⁾ En el caso de la soldadura, dichas partículas se forman por la vaporización del material base, los electrodos y los gases protectores, alcanzando diámetros menores a un micrómetro, lo que facilita su ingreso profundo al sistema respiratorio humano. Estas partículas, cargadas de metales como manganeso, níquel, plomo, zinc, hierro o cromo hexavalente, presentan una toxicidad acumulativa y aditiva capaz de desencadenar efectos agudos como la fiebre por humos metálicos y enfermedades crónicas como daño neurológico, insuficiencia renal, infertilidad y cáncer de pulmón.^(2,3) En 2017 la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (*IARC*, por sus siglas en inglés)⁽¹⁾ clasificó los humos de soldadura como carcinógenos para los seres humanos (Grupo 1), demostrando suficiente vínculo con el cáncer pulmonar y renal. Loomis y otros.⁽⁴⁾ documentaron que la exposición ocupacional a humos de soldadura incrementa el riesgo de desarrollar cáncer de tráquea, bronquios y pulmón, y el riesgo de morir por estas causas. Más allá de la afectación respiratoria, otros estudios han demostrado neurotoxicidad asociada al manganeso, alteraciones hematológicas por exposición a plomo y riesgos reproductivos vinculados al cadmio y solventes orgánicos presentes en ambientes de soldadura.⁽³⁾

El Observatorio de Salud de Bogotá, Colombia,⁽⁵⁾ reportó 28 725 eventos en salud en trabajadores informales en la ciudad para el periodo 2017–2025, realizando 286 investigaciones de enfermedad laboral en soldadores, siendo los humos metálicos el agente estudiado en 49 casos. Sin embargo, la magnitud real del problema permanece subestimada debido al subregistro en sectores donde predomina la informalidad laboral y la cultura del no reporte de los eventos de salud laboral. Bogotá es el epicentro industrial y urbano más importante del país y concentra una gran cantidad de talleres de soldadura que operan sin control normativo riguroso ni programas estructurados de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). En estas microempresas la ventilación es deficiente, el uso de protección respiratoria escaso y la formación en higiene industrial prácticamente inexistente.⁽⁶⁾



La investigación se ejecutó en un taller de metalmecánica ubicado en la localidad de Tunjuelito de la ciudad de Bogotá, donde se ofrecen soluciones para el sector industrial, especialmente en almacenamiento y logística. En el taller se aplican diferentes procesos de soldadura y corte: soldadura de Gas Inerte de Tungsteno, conocida como *TIG*, por sus siglas en inglés o Heliarco; soldadura por Arco Metálico con Gas, conocida como proceso *MIG/MAG*, por sus siglas en inglés; soldadura con electrodo revestido; y corte por plasma. El estudio de las condiciones de trabajo en este taller resulta estratégico, pues representa una realidad extendida en la ciudad, donde empresas pequeñas y medianas tienen tecnología funcional para sus procesos productivos, pero carecen de sistemas robustos de SST. En este contexto, el objetivo de la investigación fue evaluar cualitativamente el riesgo químico por inhalación de humos metálicos de soldadura en un taller de metalmecánica de Bogotá.

Métodos

Se realizó una investigación transversal descriptiva, debido a que este diseño metodológico ha probado utilidad para conocer de manera detallada y concreta como se presenta un problema, recolectando los datos en un tiempo único.⁽⁷⁾ Se realizó un análisis del problema determinando el tipo de soldadura presente en el taller de metalmecánica, para lo cual se realizó una revisión bibliométrica y se recolectó información a través de la observación, revisión documental del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) y encuestas a los trabajadores, para luego aplicar una metodología de evaluación cualitativa de la exposición ocupacional a humos de soldadura.

Instrumentos para la recolección de datos

Para la caracterización de los trabajadores se aplicó una encuesta de 20 preguntas agrupadas en cinco aspectos: datos sociodemográficos, caracterización laboral, hábitos de vida, salud ocupacional, protección y capacitación (apéndice 1). Para la construcción del instrumento se realizó una búsqueda bibliométrica en fuentes donde se aplicarán encuestas en el contexto de evaluación a la exposición a humos de soldadura,^(8,9,10,11,12,13) lo que permitió identificar los aspectos más importantes a indagar desde el ámbito de la Higiene Industrial y la SST. Para la visita técnica de reconocimiento se construyó una herramienta tipo informe siguiendo los lineamientos para inspecciones de reconocimiento del Reglamento Técnico para Evaluación de Humos Metálicos de Soldadura.⁽¹⁴⁾

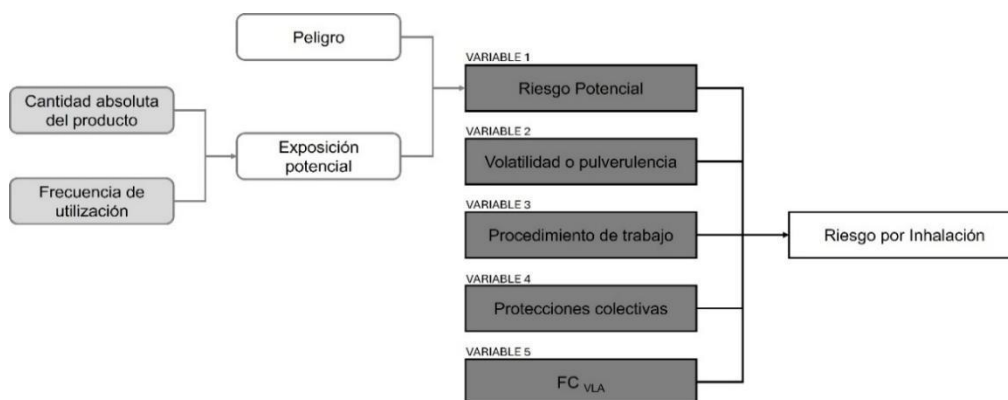
Fases de la investigación



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Se ejecutó la investigación en cuatro fases:

1. Revisión bibliométrica: durante esta fase se realizó la búsqueda, selección y análisis de publicaciones y artículos científicos relacionados con el tema de investigación, que permitieron la construcción de los instrumentos de recolección de datos y la selección del método de evaluación.
2. Visitas de inspección al taller: en esta fase se realizó la inspección de reconocimiento de las condiciones de trabajo y la evaluación técnica de la situación higiénica del proceso de soldadura. También se aplicó la encuesta a los trabajadores.
3. Aplicación del método: se aplicó la evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) (NTP 937), el cual es un método cualitativo que permite evaluar el riesgo por inhalación de agentes químicos en el trabajo.⁽¹⁵⁾ Este método ha sido utilizado en investigaciones donde se evalúa el riesgo químico por inhalación, incluyendo procesos de soldadura en sectores de la construcción,^(16,17,18) Para el cálculo del riesgo por inhalación se establecen cinco variables (figura 1): riesgo potencial, volatilidad o pulverulencia, procedimiento de trabajo, protecciones colectivas y la corrección en función de los Valores Límite Ambientales (VLA).⁽¹⁵⁾ El método se ejecuta por etapas, iniciando por la identificación del agente químico de interés en el entorno laboral y el establecimiento de las características fisicoquímicas y de peligrosidad mediante una revisión documental y de fichas de datos de seguridad (FDS).⁽¹⁵⁾



Fuente: Elaboración propia, con datos de la NTP 937.⁽¹⁵⁾

Fig. 1. Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación.

En etapas consecutivas se calcula la puntuación de cada variable, según las características de peligrosidad de la sustancia, la situación de trabajo y las medidas de prevención, para posteriormente realizar el cálculo insertando los puntajes en la siguiente ecuación:



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

$$Pinh = Priesgo\ pot * Pvolatilidad * Pprocedimiento * Pprotec.colec * FCVLA$$

Finalmente, la puntuación del riesgo se analiza con la tabla de caracterización del riesgo (tabla 1).

Tabla 1. Caracterización del riesgo por inhalación

Puntuación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
≤ 100	1	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)
> 100 y ≤ 1000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada
> 1000	3	Probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)

Fuente: Elaboración propia, con datos de la NTP 937.⁽¹⁵⁾

4. Análisis de datos: en esta fase se digitalizó la información recolectada, se tabularon los datos y elaboraron las matrices, para proceder con el análisis de la información y la consolidación de los resultados.

Aspectos éticos

Según lo establecido en el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993 de Colombia.⁽¹⁹⁾ la investigación de clasifica como sin riesgo, toda vez que no implica riesgos de salud para los trabajadores y se enfoca en la evaluación cualitativa del riesgo químico. En consecuencia, con respecto al consentimiento informado y con base en el artículo 16 de la resolución, la cual establece que "tratándose de investigaciones sin riesgo, podrá dispensar al investigador de la obtención del mismo",⁽¹⁹⁾ en lo que corresponde a la aplicación de la encuesta a los trabajadores, el consentimiento informado fue considerado implícito mediante la aceptación y diligenciamiento de la encuesta.

Resultados

Caracterización de los trabajadores

La encuesta se aplicó a los dos trabajadores que realizan trabajo de soldadura para la empresa. El trabajador 1, soltero, bachiller, tiene 26 años y experiencia de un año en soldadura; realiza jornadas de trabajo de ocho horas diarias, generalmente con esfuerzo físico moderado. Manifestó conocer parcialmente los riesgos asociados al



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

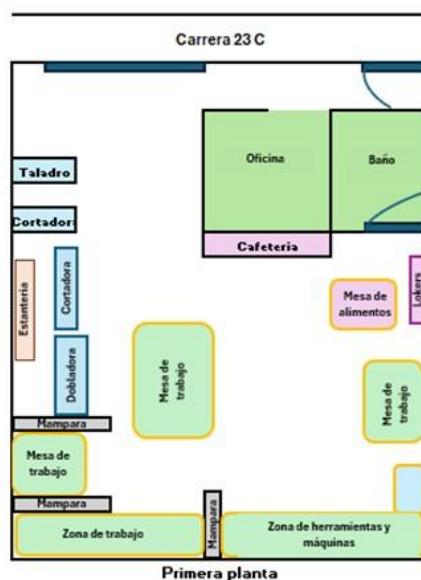
proceso de soldadura y utiliza elementos de protección personal respiratoria (EPPR) de tipo máscara media cara con filtros, pero de forma intermitente. El trabajador 2, soltero, técnico, tiene 27 años y cuatro años de experiencia en soldadura; trabaja 13 horas por día y manifestó un conocimiento general de los riesgos de su labor. Utiliza los EPPR muy poco tiempo durante su jornada de trabajo, aunque ha recibido capacitación sobre el adecuado uso. El tipo de soldadura realizada por los trabajadores durante la recolección de datos de la investigación fue *MIG/MAG*, niegan actividades de soldadura por fuera del horario laboral. Ninguno de los trabajadores reportó consumo de alcohol, ni de tabaco.

Caracterización del ambiente de trabajo

El taller se ubica en la primera planta de un edificio de dos plantas, espacio en el que se encuentran el área de producción, una oficina, un baño y un área para el consumo de alimentos. Las dimensiones del taller son tres metros de frente y diez de fondo, existen tres puestos de trabajo para dos trabajadores (figura 2). El almacenamiento de los insumos y las herramientas se realiza por medio de soportes y bases ancladas a la pared y en los puestos de trabajo hay cajones de almacenamiento. Los elementos de protección personal (EPP) identificados fueron: gafas de seguridad lente claro y oscuro, guantes tipo vaqueta y nylon flex, mangas y peto de carnaza, botas dieléctricas, monja, careta de soldador y protección respiratoria de media cara con filtros 6003 y N95 (figura 3).

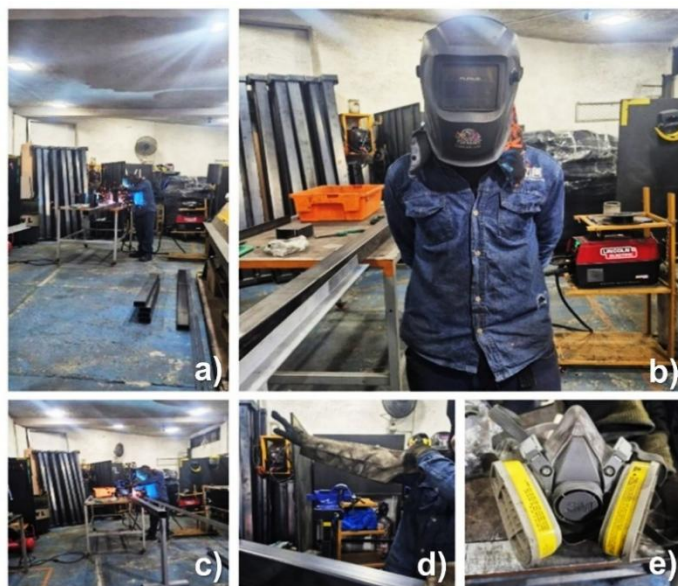
La ventilación del taller depende principalmente de la entrada de aire por la puerta principal, la cual es amplia, pero se encuentra a ocho metros de los puestos de trabajo, lo que limita su efectividad para diluir y extraer los humos de soldadura. Adicionalmente, existe un ventilador doméstico pequeño orientado hacia los puestos de trabajo, que no cumple los requisitos técnicos de un sistema de ventilación localizada. Este equipo únicamente genera movimiento de aire en la zona cercana, sin capturar ni expulsar los contaminantes, lo que resulta insuficiente para controlar la concentración de humos metálicos en el área de trabajo. Respecto al sistema de iluminación, es artificial conformado por diez luminarias distribuidas en todo el taller y dos reflectores para los puestos de trabajo (figura 3).





Fuente: Elaboración propia.

Fig. 2. Distribución de las áreas de trabajo.



Nota: a) Iluminación y puestos de trabajo, b) Careta de soldar y ropa de trabajo, c) Proceso de soldadura, d) Guantes y mangas de carnaza y, e) Respirador.

Fuente: Elaboración propia, con fotografías tomadas por los investigadores.

Fig. 3. Condiciones de trabajo y medidas de control en el taller.

Evaluación cualitativa del riesgo por inhalación

Como se señaló en los métodos, la NTP 937 permite estimar el riesgo mediante el cálculo de cinco variables. Para la primera variable, el riesgo potencial, se debe establecer la clase de peligro y la exposición potencial. El



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

nivel de peligro es clase 2, y se determinó la clase de la exposición potencial a partir de la cantidad de sustancias químicas empleadas por día y la frecuencia de uso, obteniendo clase 4. A partir de las clases de peligro y exposición potencial se determinó que la clase de riesgo potencial es 2 (puntuación: 10). La segunda variable es la volatilidad o pulverulencia, determinada como clase 3 (puntuación: 100) en vista de que el humo de soldadura es un polvo fino y ultrafino. La tercera variable es el procedimiento de trabajo, el cual es dispersivo, asignando la clase 4 (puntuación: 1).

La cuarta variable corresponde a la protección colectiva, que se determinó clase 3 (puntuación: 0,7) por la existencia de ventilación mecánica general, mientras que la variable de corrección en función del VLA tiene puntuación de 1. Se calcula la puntuación del riesgo por inhalación aplicando la ecuación matemática indicada en el método, obteniendo como resultado 700. La ecuación quedó representada en la figura 4:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ pot} * P_{volatilidad} * P_{procedimiento} * P_{protec.colec.} * FC_{VLA}$$

$$P_{inh} = 10 * 100 * 1 * 0,7 * 1$$

$$P_{inh} = 700$$

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 4. Puntuación del riesgo por inhalación (P_{inh}).

De acuerdo con la NTP 937, los resultados > 100 y ≤ 1000 corresponden a riesgo por inhalación moderado, por lo que la situación de trabajo “necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones).”⁽¹⁵⁾.

Discusión

Las industrias del petróleo, construcción, manufactura y metalmecánica son de gran importancia en la productividad mundial y dependen de la soldadura para su funcionamiento, lo que implica un gran número de trabajadores expuestos en este proceso industrial. En Colombia, se estima que la soldadura emplea al menos 60 000 trabajadores y la demanda de soldadores calificados está en aumento en el país, con un crecimiento anual de aproximadamente 5 %.⁽²⁰⁾ Como se ha señalado previamente, la soldadura es un proceso que implica la exposición a muchos peligros ocupacionales, entre los que se encuentran las radiaciones, las sustancias cancerígenas, las inadecuadas condiciones de ergonomía, los peligros de seguridad y los humos metálicos.



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Investigaciones realizadas en talleres informales de soldadura en las localidades Rafael Uribe Uribe y Suba de Bogotá han documentado este perfil de exposición, así como el uso inadecuado de EPP y deficientes condiciones de aseo y seguridad industrial.⁽⁵⁾

En el taller donde se ejecutó esta investigación se pudo caracterizar a los soldadores que participan en el proceso productivo, verificar las condiciones de trabajo y establecer el nivel de riesgo por la inhalación de humos de soldadura. Los soldadores son hombres jóvenes con poca experiencia en la industria de la soldadura (< 4 años), que realizan principalmente soldadura *MIG/MAG* y han sido capacitados en el uso de EPPR y en los riesgos de los humos metálicos para el sistema respiratorio, pero que utilizan la protección respiratoria durante poco tiempo en la jornada de trabajo y de forma intermitente, en vista de que las actividades de soldadura no son continuas. En este sentido, en entrevistas realizadas por Torres y Villoria Guerrero⁽⁵⁾ a soldadores informales en Bogotá sobre el uso inadecuado de EPPR, estos trabajadores han justificado no utilizarlos por varias razones, tales como: hacer más difícil la tarea, no tener esta dotación y el mal estado de los EPPR.

Para evaluar las condiciones de trabajo del taller se realizó una visita técnica, encontrando que los procesos de soldadura desarrollados en el área generan una exposición intermitente a humos metálicos, en un entorno con ventilación limitada y ausencia de sistemas de extracción localizada, lo cual incrementa la probabilidad de acumulación de contaminantes respirables. Por su parte, Galindo Echeverry y Guapacha Imbachi,⁽²¹⁾ en una empresa de soldadura *MIG/MAG* en Cali encontraron que se controla la concentración de humos de soldadura mediante equipos de extracción de gases, pero el tamaño es insuficiente para la tarea y están en inadecuadas condiciones de aseo.

En esta investigación, el riesgo por inhalación de humos metálicos de soldadura fue clasificado como moderado, según el método simplificado del INSST (NTP 937). Este método de evaluación del riesgo químico por inhalación ha sido utilizado en múltiples sectores industriales como la fabricación de colchones y productos de limpieza e higiene⁽²²⁾, fabricación de pinturas⁽¹⁸⁾, almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP),⁽²³⁾ y laboratorios de bioquímica en centros hospitalarios,⁽²²⁾ con resultados que van desde riesgo "a priori bajo" hasta "probablemente muy elevado" según el tipo de sustancia química involucrada en el proceso productivo. Un estudio que evaluó el riesgo químico por inhalación en el proceso de soldadura en el sector construcción con el método simplificado del INSST también reportó riesgo moderado,⁽¹⁶⁾ los determinantes que configuran esta calificación difieren sustancialmente de los hallazgos encontrados en el taller de soldadura de Bogotá. En el taller, el riesgo se debe principalmente a la insuficiencia de controles de ingeniería, la variabilidad en el uso de EPPR y la proximidad del operador a la fuente emisora, mientras que en la evaluación del sector construcción el riesgo se debe a la pulverulencia y la frecuencia del procedimiento.⁽¹⁶⁾ Esto pone en evidencia que la magnitud y



del riesgo no depende únicamente de la naturaleza intrínseca del proceso de soldadura, sino de las condiciones específicas del entorno laboral y del grado de implementación de medidas preventivas, subrayando la necesidad de fortalecer los controles en la fuente y mejorar la gestión de peligros en el ambiente de trabajo.

La evaluación cualitativa de la exposición a riesgos químicos en el trabajo no sustituye ni reemplaza las evaluaciones cuantitativas, pero permite priorizar las estrategias de intervención y tomar decisiones preventivas antes de realizar las mediciones de los contaminantes.⁽²²⁾ En este sentido, la NTP 937,⁽¹⁵⁾ señala que el riesgo por inhalación con puntuación en nivel moderado y muy elevado amerita la implementación de medidas correctivas y la realización de evaluaciones cuantitativas. Para los agentes químicos cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción, como es el caso de los humos metálicos de soldadura, las evaluaciones cuantitativas deberían ser obligatorias.⁽²²⁾

La determinación cuantitativa de metales en ambientes informales de soldadura ha puesto en evidencia que la fusión del metal base y del material de aporte genera partículas ricas en elementos como plomo, cromo, manganeso y arsénico,⁽²⁴⁾ situación que pone de manifiesto la necesidad de cuantificar la intensidad de la exposición a estos metales para conocer la efectividad de los controles y fortalecer las medidas de prevención en los talleres donde se realicen procesos de soldadura.

Conclusión

El taller de soldadura evaluado corresponde a una microempresa con dos trabajadores en el cargo de soldador, cuyas condiciones locativas, operativas, de orden y aseo presentan limitaciones importantes en aspectos como la ventilación, la distribución de los espacios y el control de la exposición ocupacional. Existe una exposición intermitente a humos de soldadura, con intermitente uso de EPP y ausencia de controles de ingeniería efectivos. La evaluación cualitativa indica riesgo por inhalación de humos metálicos moderado, este resultado se debe a la combinación de ventilación deficiente, exposición directa durante la jornada, el tipo de soldadura que genera partículas ultrafinas respirables y el uso intermitente de protección respiratoria. Este nivel de riesgo señala la necesidad de implementar medidas correctivas, como mejorar la ventilación, fortalecer el uso adecuado de EPP y optimizar las prácticas de trabajo seguro.

Se reconocen las limitaciones inherentes a la evaluación cualitativa, especialmente por la subjetividad de algunos criterios, la dependencia de la información disponible durante la observación y la limitación para estimar efectos aditivos o sinérgicos de las sustancias químicas. Por ello, es indispensable complementar estos resultados con una evaluación cuantitativa del riesgo que establezca los niveles de exposición a los metales presentes en los humos de soldadura y se determine con mayor precisión las acciones de control requeridas.



Agradecimientos

A *Metal Working Logistics S.A.S.* por facilitar las instalaciones del taller y proporcionar la información y los trabajadores para ejecutar la investigación. Al Ingeniero Hernán Valderrama por su consejería técnica durante el procesamiento y análisis de datos.

Referencias bibliográficas

1. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Situación de exposición a agentes químicos. 2012 [acceso 17/08/2025]. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/791398/BASEQUIM_007_0.pdf/889422fd-b227-4f05-aae4-5345b2f90149?t=1663232607311
2. International Agency for Research on Cancer. Welding, molybdenum trioxide, and indium tin oxide. Lyon: IARC; 2018 [acceso 25/09/2025]:310 p. Disponible en: <https://publications.iarc.who.int/569>
3. Flynn MR, Susi P. Neurological risks associated with manganese exposure from welding operations-a literature review. *Int J Hyg Environ Health*. 2009 Sep;212(5):459-69. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ijheh.2008.12.003>
4. Loomis D, Dzhambov AM, Momen NC, Chartres N, Descatha A, Guha N, *et al.* The effect of occupational exposure to welding fumes on trachea, bronchus and lung cancer: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environ Int*. 2022 Dec;170:107565. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107565>
5. Observatorio de Salud de Bogotá. Enfermedades derivadas de la ocupación en Unidades de Trabajo Informal UTI en Bogotá D.C. 2025 [acceso 17/12/2025]. Disponible en: <https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/indicadores/enfermedades-derivadas-de-la-ocupacion/>
6. Torres JA, Vilorio Guerrero Y. Protocolo de trabajo seguro para actividades de soldadura realizadas en talleres informales [Tesis]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas; 2015 [acceso 21/11/2025]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/items/6affd798-2d31-4f7b-801a-33bc8953904b>
7. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 6ta ed. México DF: McGraw Hill; 2014. (archivo digital)



8. Petersson Sjögren M, Kåredal M, Broberg K, Assarsson E, Thuresson S, Dierschke K, Hedmer M, Rissler J, Wollmer P, Löndahl J. Sensitive methods for assessment of lung health in welders and controls. *Respir Med*. 2023 Jun;212:107244. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.rmed.2023.107244>
9. Scheepers PT, Heussen GA, Peer PG, Verbist K, Anzion R, Willems J. Characterisation of exposure to total and hexavalent chromium of welders using biological monitoring. *Toxicol Lett*. 2008 May 30;178(3):185-90. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.toxlet.2008.03.013>
10. Wu L, Cui F, Ma J, Huang Z, Zhang S, Xiao Z, Li J, Ding X, Niu P. Associations of multiple metals with lung function in welders by four statistical models. *Chemosphere*. 2022 Jul;298:134202. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134202>
11. Ahmad I, Balkhyour MA. Occupational exposure and respiratory health of workers at small scale industries. *Saudi J Biol Sci*. 2020 Mar;27(3):985-90. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.01.019>
12. Qin J, Liu W, Zhu J, Weng W, Xu J, Ai Z. Health related quality of life and influencing factors among welders. *PLoS One*. 2014 Jul 21;9(7):e101982. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0101982>
13. Chauhan A, Anand T, Kishore J, Danielsen TE, Ingle GK. Occupational hazard exposure and general health profile of welders in rural Delhi. *Indian J Occup Environ Med*. 2014 Jan;18(1):21-6. DOI: <http://doi.org/10.4103/0019-5278.134953>
14. López Camargo JM, Leguizamón EI, Restrepo OE. Reglamento Técnico para Evaluación de Humos Metálicos de Soldadura. 2002 [acceso 07/10/2025]. Disponible en: <https://www.fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/publicaciones/campanas/REGLAMENTO%20TECNICO%20PARA%20HUMOS%20METALICOS%20DE%20SOLDADURA.pdf>
15. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). NTP 0937: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS. 2012 [acceso 21/10/2025]. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/27-serie-ntp-numeros-926-a-960-ano-2012/nota-tecnica-de-prevencion-ntp-937>
16. Cajamarca Correa SA, Carpio Galarza CA. Evaluación de la exposición inhalatoria a agentes químicos en trabajadores de la construcción mediante el método cualitativo simplificado del INRS [Tesis]. Machala: Universidad Técnica de Machala; 2024 [acceso 25/10/2025]; Disponible en: <https://repositorio.utmachala.edu.ec/items/295b139b-e212-4390-ad5e-a53cbf6cbf93>
17. Silva M, Neves, M. Risk Assessment for Occupational Exposure to Chemicals in an Electroplating Industry. In: Arezes P, Carvalho P (eds). *Advances in Safety Management and Human Factors*. AHFE International



Conference; 2019 [acceso 24/10/2025];5(5). Disponible en: https://openaccess.cms-conferences.org/publications/book/978-1-4951-2100-5/article/978-1-4951-2100-5_32

18. Patiño Castro M. Diagnóstico de Riesgo Químico por Inhalación del Manejo de Sustancias Peligrosas de la empresa CREA SAS [Tesis]. Bogotá: Universidad Europea de Canarias; 2023 [acceso 21/10/2025]. Disponible en: <https://titula.universidadeuropea.com/handle/20.500.12880/9158>

19. Ministerio de Salud. Resolución Número 8430 de 1993 Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 1993 [acceso 12/10/2025]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/de/dij/resolucion-8430-de-1993.pdf>

20. Hurtado F. La Industria de la Soldadura en Colombia: Desafíos, Retos y Oportunidades de Empleabilidad. 2024 [acceso 21/11/2025]. Disponible en: <https://cafeconlagerencia.com/la-industria-de-la-soldadura-en-colombia-desafios-retos-y-oportunidades-de-empleabilidad/>

21. Galindo Echeverry K, Guapacha Imbachi PA. Análisis de las condiciones de seguridad en tarea de alto riesgo por soldadura MIG/MAG en la empresa ABC ingeniería [Tesis]. Cali: Institución Universitaria Antonio José Camacho; 2020 [acceso 21/11/2025]. Disponible en: <https://repositorio.uniajc.edu.co/entities/publication/1ad0e8c9-169e-407b-9ba1-ce8756b61b07>

22. Canalicchio A, Fiorito R, Riva A. Evaluación cualitativa de la exposición por vía inhalatoria de sustancias químicas en aire. Análisis del Método INRS-INSST. 2025 [acceso 21/11/2025]; Disponible en: <https://ahra.org.ar/wp-content/uploads/2025/04/EVALUACION-CUALITATIVA-Final.pdf>

23. Silva A, Contreras R, Barrandeguy, M. Riesgo por fugas accidentales de gas licuado de petróleo hacia trabajadores y comunidad en las ciudades de Nacimiento, Cabrero, La Laja y Mulchén (Chile). 2022;32:66-77. DOI: <http://doi.org/10.21703/0718-51620202203207>

24. Silva JP, Méndez GL, Marrugo DG, Monroy HM, Herrera LB. Determinación de metales pesados en humos metálicos presentes en ambientes informales de trabajo dedicados a la soldadura. Rev Colomb Cienc Quim Farmac. 2018;47(1):14–25. DOI: <http://doi.org/10.15446/rcciquifa.v47n1.70653>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Luis Ignacio López Michelena, Clara Margarita Giraldo Luna.



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Curación de datos: Geraldin Nuñez Gaviria, Juan Contreras Gonzalez, Paula Murcia Cuellar.

Análisis formal: Geraldin Nuñez Gaviria, Juan Contreras Gonzalez, Paula Murcia Cuellar, Luis Ignacio López Michelena, Clara Margarita Giraldo Luna.

Investigación: Geraldin Nuñez Gaviria, Juan Contreras Gonzalez, Paula Murcia Cuellar.

Metodología: Luis Ignacio López Michelena, Clara Margarita Giraldo Luna.

Supervisión: Luis Ignacio López Michelena, Clara Margarita Giraldo Luna.

Visualización: Geraldin Nuñez Gaviria, Juan Contreras Gonzalez, Paula Murcia Cuellar, Luis Ignacio López Michelena, Clara Margarita Giraldo Luna.

Redacción, revisión y edición: Geraldin Nuñez Gaviria, Juan Contreras Gonzalez, Paula Murcia Cuellar, Luis Ignacio López Michelena, Clara Margarita Giraldo Luna.



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Apéndice 1 – Instrumento de caracterización de los trabajadores.

Investigación: Caracterización de la exposición a humos de soldadura en un taller de metalmecánica		
Identificación de encuestador		
Identificación del encuestado:		
Fecha de aplicación del instrumento:		
Sección 1. Datos sociodemográficos		
1	¿Cuál es su edad? (en años)	
2	¿Cuál es su peso actual? (en kilogramos)	
3	¿Cuál es su estatura? (en centímetros)	
4	¿Cuál es su sexo?	Masculino
		Femenino
		Otro
5	¿Cuál es su estado civil?	Soltero(a)
		Casado(a) / Unión libre
		Separado(a) / Divorciado(a)
		Viudo(a)
6	¿Cuál es su nivel educativo alcanzado?	Primaria
		Secundaria
		Técnica / Tecnológica
		Universitaria
		Otro: _____
Sección 2. Caracterización laboral		
7	¿Cuántas horas trabaja habitualmente al día?	
8	¿Cuántos años de experiencia laboral total tiene?	
9	¿Cuántos años de experiencia específica tiene en soldadura?	
10	¿Ha realizado labores de soldadura fuera de su	SI

	horario laboral?	NO
11	¿Cuál es el tipo de soldadura que realiza con mayor frecuencia?	MIG/MAG
		TIG
		SMAW (Electrodo revestido)
		Oxiacetilénica
		Otro: _____
12	¿Su trabajo implica esfuerzo físico intenso?	SI
		NO
Sección 3. Hábitos de vida		
13	¿Es usted fumador?	Sí, actual
		Exfumador
		NO
		Si su respuesta es sí: ¿con qué frecuencia?
14	¿Consume bebidas alcohólicas?	SI
		NO
		Si su respuesta es sí: ¿con qué frecuencia?
Sección 4. Salud ocupacional		
15	¿Cuándo fue su último examen ocupacional? (Año)	
16	¿Conoce los riesgos que la soldadura puede generar en los pulmones?	SI
		NO
		Si su respuesta es sí: ¿Cuáles? _____
Sección 5. Protección y capacitación		
17	¿Utiliza máscara de protección respiratoria al soldar?	Siempre
		Casi siempre
		Algunas veces
		Nunca
18	¿Qué tipo de máscara o respirador utiliza?	

19	¿Cuánto tiempo la utiliza durante la jornada?	
20	¿Ha recibido capacitación en el uso de elementos de protección respiratoria?	SI
		NO