

Evaluación higiénica de material particulado en trabajos de soldadura de la empresa SIMSA METALMECANICA S.A

Paul Enrique Baldeón Quishpe¹

paulbaldeon@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9790-5265>

Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

María Angelica Jacome Sanchez

angelicajacome@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5520-8499>

Instituto Superior Tecnológico Tsachila

Luis Vladimir Ludeña Chica

luisludena@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6811-0562>

Instituto Superior Tecnológico Tsachila

Byron Geovanny Oña Pazmiño

byronona@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-0674-4763>

Instituto Superior Tecnológico Tsachila

Wilson Vladimir Chicaiza Morales

wilsonchicaiza@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3611-4742>

Instituto Superior Tecnológico Tsachila

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito realizar una evaluación higiénica de material particulado en el medio ambiente en el cual se desenvuelven los soldadores de SIMSA METALMECANICA, con esta finalidad se ha utilizado un enfoque cualitativo y cuantitativo para abordar la evaluación; en primer lugar se aplicó una encuesta a los soldadores para conocer de manera cualitativa la situación inicial del riesgo de inhalación de material particulado, luego, con base en la observación se realizó una caracterización básica de los factores de exposición con base en lo indicado en la norma UNE-EN 689:2019+AC, para finalmente proceder con la toma y análisis de las muestras tomadas de acuerdo a una estrategia de muestreo previamente estructurada. Se logro concluir que el valor de concentración diaria de material particulado fracción inhalable y respirable en el ambiente del área de soldadura de SIMSA no exceden los limites permisibles establecidos por el INSTT, por ende, los trabajadores no están expuestos a un riesgo significativo de efectos al sistema respiratorio a mediano y largo plazo.

Palabras clave: *material particulado; soldadura; agentes químicos; gravimetría.*

¹ Autor Principal

Hygienic evaluation of particulate material in welding works of the company SIMSA METALMECANICA S.A.

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to carry out a hygienic evaluation of particulate matter in the environment in which the soldiers of SIMSA METALMECANICA work, with this purpose a qualitative and quantitative approach has been used to address the evaluation; First, a survey was applied to the soldiers to know in a qualitative way the initial situation of the risk of inhalation of particulate material, then, based on the observation, a basic characterization of the exposure factors was carried out based on what is indicated in the standard. UNE-EN 689:2019+AC, to finally proceed with the collection and analysis of the samples taken according to a previously structured evidence strategy. It was possible to conclude that the daily concentration value of particulate material, inhalable and respirable fraction in the environment of the SIMSA welding area, does not exceed the permissible limits established by the INSTT, therefore, the workers are not exposed to a significant risk of environmental effects. respiratory system in the medium and long term.

Palabras clave: *material particulado; soldadura; agentes químicos; gravimetría.*

Artículo recibido 01 abril 2023

Aceptado para publicación: 15 abril 2023

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como tema Evaluación Higiénica de agentes químicos en el ambiente de trabajo por procesos de soldadura en la empresa SIMSA METALMECANICA S.A de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas. La empresa se dedica a la fabricación de estructuras metálicas y puertas enrollables desde el inicio de sus labores en el año 2018 ha venido desarrollando medidas preventivas enfocadas principalmente a la dotación de equipo de protección personal dirigidas a prevenir accidentes laborales por proyección de partículas, cortes, caídas de objetos al mismo nivel, entre otros. Además, para el establecimiento de controles para los riesgos, no se tiene como base los resultados de procesos de identificación de peligros y evaluación de riesgos que considere factores higiénicos como son los agentes químicos en el ambiente producto de las actividades de soldadura de los trabajadores durante la producción de las estructuras metálicas.

Los trabajos de soldadura que se realizan en SIMSA durante la unión de piezas metálicas en la construcción de estructuras metálicas o puertas enrollables hace evidente el desprendimiento de humos que ocupan la zona de respiración del trabajador, mismo que utiliza una máscara para soldar como medio de protección para radiaciones y única barrera contra los humos de soldadura que se desprenden en la operación de soldeo. En la actualidad los trabajadores no han presentado afectaciones permanentes relacionadas al sistema respiratorio o enfermedades profesionales, sin embargo, si se ha presentado ciertos cuadros temporales de irritaciones oculares, nariz, tos, dolores de pecho, entre otros.

La principal técnica de soldadura utilizada en la empresa SIMSA es la soldadura por arco eléctrico, según (Arévalo Fernández, 2020, p. 227) son “procedimientos de soldaduras en los que el material metálico se funde debido al calor generado por un arco voltaico que salta entre el electrodo y el material metálico base. En este procedimiento se consigue alcanzar temperaturas próximas a los 4.000 °C”.

Realizar una evaluación de riesgo laborales por parte del empleador de SIMSA METALMECANICA, que incluya los factores de riesgo higiénico tal como está establecido en el marco legal de SST Ecuatoriano, por ejemplo el (Instrumento Andino Decisión 584, 2004) en el artículo 11 literal, mismo que menciona que el empleador está en la obligación de “Identificar y evaluar los riesgos, en forma inicial y periódicamente, con la finalidad de planificar adecuadamente las acciones preventivas,

mediante sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional específicos u otros sistemas similares, basados en mapa de riesgos” (2000, p. 11), asimismo, el (Presidencia de la República del Ecuador, 1986) en el Decreto Ejecutivo 2393 menciona que la unidad de seguridad y salud de las empresas deben realizar reconocimiento y evaluación de riesgos, por ende, una evaluación de riesgos es requisito legal que SIMSA METALMECANICA debe cumplir y además se convierte un justificativo legal para el desarrollo de las presente investigación.

(Gómez Marrugo et al., 2019), en el trabajo de investigación titulado “Determinación de metales pesados en humos metálicos presentes en ambientes informales de trabajo dedicados a la soldadura”, en el año 2017, se identificó una problemática basados en que en los procesos de soldadura se usan diversas tecnologías, las cuales tienen en común el empleo de metales para unir las piezas, tales como Cd, Cr, Ni, Mn, Pb, entre otros. Durante dicha unión se forman humos, que varían su composición química y, por tanto, las propiedades fisicoquímicas de estos, de acuerdo con los materiales empleados. En este material emitido, se pueden hallar partículas muy finas y hasta nanopartículas que pueden generar serias afecciones a la salud, de forma individual o conjunta que hace necesario realizar un estudio exploratorio que plantea las mediciones de metales como Pb, Mn y Fe. Dado que son los metales más empleados en las diferentes aleaciones. Como principales resultados se determinó que existen niveles de Pb en los sitios laborales de soldadura, de las 15 empresas evaluadas, dos sobrepasan límites permitidos considerando que la ACGIH (Association Advancing Occupational and Environmental Health) considera como valor límite umbral, TLV (threshold limit value), para plomo 0,05 mg Pb/m³ de aire, para jornadas de 8 horas diarias y 40 horas semanales.

La presencia de humos de soldadura en el ambiente laboral genera ciertos riesgos debido a la volatilización de metales y compuestos orgánicos que se liberan en el momento de fusión por las altas temperaturas entre el metal base y el material de aporte. De acuerdo con (Rojas Labiano & Azpiroz Unsain, 2009) la inhalación de humos de soldadura puede “conducir a trastornos de salud, como intoxicaciones agudas y enfermedades profesionales, de muy diversa naturaleza dependiendo de las condiciones particulares de cada trabajo: tipo de soldadura, materiales soldados, continuidad de la exposición, calidad de la ventilación, etc.”

Como se menciona en el párrafo anterior, hablar de humos de soldadura en el ambiente de trabajo es hablar de riesgo por inhalación de agentes químicos a los trabajadores, sin embargo, además de identificar los agentes químicos también se debe determinar la concentración de dichos agentes químicos y aquello se logra mediante una evaluación higiénica. De acuerdo con (Tomás Arévalo Fernández, 2020) en su obra sobre higiene industrial menciona que “El objetivo fundamental de la Evaluación Higiénica es evaluar la exposición de los trabajadores a los a riesgos profesionales (contaminantes atmosféricos, agentes físicos y agentes biológicos), con el fin recabar la información necesaria para garantizar la eficacia de las medidas de eliminación o minimización de los riesgos”.

Los agentes químicos también pueden presentarse en forma de material particulado, de acuerdo con (Martí Veciana, 2004) son “aerosoles insolubles que sufren una discriminación por el tamaño de las partículas, depositándose a lo largo del tracto respiratorio y llegando a la zona alveolar solamente las partículas más pequeñas”. De acuerdo a un estudio realizado por (Odgerel et al., 2017 citado por Organización Internacional del Trabajo (OIT), 2019) “Cifras más recientes revelan que entre los factores que más contribuyen a la carga mundial de la enfermedad profesional se encuentran los de riesgo ergonómico, riesgo de lesiones, el material particulado, los gases, los humos y el ruido”.

En una guía sobre la medición de material particulado publicado por (Ministerio de Trabajo, 2018) menciona el material particulado esta clasificado por tamaño de partícula o fracciones de partícula, existen tres fracciones: fracción inhalable, torácica y respirable. Además, menciona un dato revelador sobre los efectos de estas partículas.

Aquellas partículas que se introducen hasta los bronquios, el cuerpo puede las puede ir eliminando con el tiempo. A partir del nivel traqueobronquial, se acumulan las partículas porque el sistema respiratorio no las puede eliminar, y si la exposición a unas determinadas partículas se extiende en el tiempo, pueden llegar a interactuar con los tejidos alveolares, que es la zona donde se produce el intercambio de oxígeno en sangre.

Los resultados de una evaluación higiénica deben ser comparados con un criterio de valoración que por lo general cambia de acuerdo con la legislación en Seguridad y salud en el Trabajo de cada país, se tiene por ejemplo criterios establecidos en Estados Unidos por la NIOSH, OSHA y ACISH; en cambio en países de habla hispana la principal referencia es España mediante el INSST, misma que establece

límites de exposición profesional para una lista de agentes químicos, que, por lo general se actualiza cada año. Según el (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., 2021) “Los Límites de Exposición Profesional son valores de referencia para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición, principalmente por inhalación, a los agentes químicos presentes en los puestos de trabajo y, por lo tanto, para proteger la salud de los trabajadores”.

De acuerdo con la obra de (Tomás Arévalo Fernández, 2020), donde afirma que la evaluación higiénica conlleva cuatro fases como se describe a continuación:

La identificación de agentes químicos que puede darse mediante el etiquetado y fichas de datos de seguridad correspondiente a los agentes químicos en cuestión; luego se continua con la fase de evaluación, misma que puede ser cualitativa, semi-cualitativa y cuantitativa; en tercer lugar comparar los agentes químicos con los valores límite ambientales según la norma que se utilice como referencia y finalmente definir el control de la exposición a los agentes químicos actuando sobre el foco, el medio y el receptor (p. 28).

Por lo anterior expuesto resulta oportuno plantear la siguiente hipótesis respecto a la situación de los trabajadores de SIMSA METALMECANICA: “Los trabajadores del área de soldadura de SIMSA METALMECANICA están expuestos a un riesgo por la inhalación de material particulado, mismo que sobrepasa los límites permisibles establecidos en el listado de Agentes Químicos publicado por el INSST de España”.

2. METODOLOGÍA

El enfoque utilizado para la investigación fue cualitativo y cuantitativo. Cualitativo ya que se planteó como objetivo realizar una caracterización de la exposición de los trabajadores mediante encuestas y un levantamiento de información relativa a la caracterización básica de los factores de exposición tal como lo indica la norma (UNE-EN 689, 2019). Además, se adoptó un enfoque cuantitativo ya que se buscó determinar la concentración de material particulado fracción respirable e inhalable que se presentan en los humos de soldadura y que están expuestos los trabajadores de SIMSA

La utilizo el tipo de investigación descriptivo, como afirma (Morán & Alvarado, 2010) este tipo de investigación “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos comunidades, o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”, por ende, con investigación descriptiva se buscó determinar un patrón específico de trabajo de los soldadores para luego establecer una metodología de evaluación higiénica que permita reconocer y cuantificar las concentraciones de sustancias químicas en el medio ambiente inmediato al soldador.

En el diseño de la investigación se estableció como estrategia la observación, misma que se utilizó para definir el patrón de trabajo de los soldadores requisito importante para la toma de muestras. Para estructurar el proceso de toma de muestras se basó en los lineamientos que describe la norma española UNE-EN 689:2019+AC “Exposición en el lugar de trabajo – Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos – Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional”, de acuerdo con (UNE-EN 689, 2019) el objeto de esta norma es “especificar una estrategia para realizar las mediciones representativas de la exposición por inhalación de agentes químicos con el fin de demostrar la conformidad con los valores límite de exposición profesional (VLA)”

El método de toma de muestras y análisis MTA/MA – 014/A11 “DETERMINACIÓN DE MATERIA PARTICULADA (FRACCIONES INHALABLE, TORÁCICA Y RESPIRABLE) EN AIRE - MÉTODO GRAVIMÉTRICO” del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo de España.

La población de estudio consistió en los trabajadores cuyo puesto de trabajo se ubica en el área de soldadura de la empresa, en total son 6 soldadores que permanecen durante toda la jornada laboral en el área de soldadura realizando varias actividades como son: preparación del material, corte con amoladora, pulido, suelda y pintura entre otras.

Como técnica de recolección de datos se utilizó la encuesta y observación para recopilar información necesaria que permita caracterizar el puesto de trabajo y sus actividades en función de los horarios de trabajo, los materiales de trabajo, los equipos y herramientas, y por sobre todo los riesgos higiénicos, así como el tiempo de exposición de dichos riesgos sobre los trabajadores. Una vez establecido el patrón se seleccionó como instrumento de toma de muestra de material particulado la BOMBA GRAVIMETRICA GILIAN BDXII, misma que permite el monitoreo de partículas en fracción respirable e inhalable con rango de flujo de 500 - 3000 cc/min.

Para receptar la muestra se ha escogido un equipo de muestreo multifracción IOM debido a la ventaja económica que brinda al recoger dos muestras de material particulado con un solo filtro, de acuerdo con (Martí Veciana, 2006) el equipo IOM “tiene la posibilidad de muestrear simultáneamente la fracción respirable y la fracción inhalable, mediante la incorporación de un disco de espuma de poliuretano al porta filtros”

Para el caso del procesamiento de los datos y producción de los resultados se utilizó el método de toma de muestras y análisis MTA/MA – 014/A11 “DETERMINACIÓN DE MATERIA PARTICULADA (FRACCIONES INHALABLE, TORÁCICA Y RESPIRABLE) EN AIRE - MÉTODO GRAVIMÉTRICO” del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo de España.

Cabe recalcar la importancia del uso de la norma española puesto que “describe el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la determinación gravimétrica de la materia particulada suspendida en el aire (aerosol) de los lugares de trabajo, captada mediante un elemento de retención apropiado” (INSST, n.d.)

Aunque existen actividades de soldadura que se presentan fuera de las instalaciones de la empresa debido a procesos de montaje de los componentes previamente fabricados; estas actividades no serán tomadas en cuenta en la presente investigación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez aplicado la encuesta a los trabajadores del área de soldadura de la empresa SIMSA METALMECANICA S.A se han obtenido los siguientes resultados.

SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 1 ¿Conoce la composición química del material base que utiliza en los procesos de soldadura?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Valido	Si	4	66.67	66.67
	No	1	16.67	83.33
	Tal vez	1	16.67	100.00
	Total	6	100.00	

En función de los resultados de la tabla 1, misma que pregunta sobre si conoce la composición química del material base utilizado en los procesos de soldadura, un 67.67% de los trabajadores manifiesta que, si conoce, un 16.67% indica que no conoce y un 16.67% talvez conoce algo o poco de la composición química.

Tabla 2 *¿Cuál es que tipo de recubrimiento que contiene el material base que se utiliza en los procesos de soldeo?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Valido	Galvanizado	2	33,33	33,33
	Niquelado	0	0,00	33,33
	Cadmiado	0	0,00	33,33
	Pinturas	1	16,67	50,00
	Resinas	0	0,00	50,00
	Barnices	0	0,00	50,00
	Ninguno	2	33,33	83,33
	Otros	1	16,67	100,00
	Total	6	100.00	

Sobre el tipo de recubrimiento que contienen el material base en los procesos de soldeo que ha obtenido que un 33.33% indica que es de galvanizado, un 16.67% indica que contienen pintura, un 2% indica que no contiene ningún tipo de recubrimiento y finalmente un 16.67% otro tipo de recubrimientos.

Tabla 3 *¿Conoce la composición química del material de aporte que utiliza en los procesos de soldeo?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Valido	Si	4	66.67	66.67
	No	2	33.37	100
	Total	6	100.00	

Acerca de la composición del material de aporte que utilizan en los procesos de soldeo, se obtuvo que un 67.67% afirma que si conoce la composición y un 33.37% no conoce que se compone químicamente el material de aporte.

Tabla 4 ¿Cuál es el tipo de revestimiento del material de aporte utilizado en los procesos de soldeo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Valido	Acido	0	0,00	0,00
	De rutilo	0	0,00	0,00
	Básico	1	16,67	16,67
	Celulósico	4	66,67	83,33
	Grafito cobreado	0	0,00	83,33
	Otros especiales	0	0,00	83,33
	No sabe	1	16,67	100,00
	Total	6	100,00	

Sobre el tipo de revestimiento del material de aporte utilizado en los procesos de soldeo que ha obtenido que el 16.37% de trabajadores indica que es básico, un 66.67% de trabajadores indica que es celulósico y un 16.67% de no sabe que tipo de recubrimiento utiliza.

Tabla 5 ¿Se limpian previamente las piezas antes de ser soldadas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Valido	Si	5	83,33	83,33
	No	0	0,00	83,33
	Tal vez	1	16,67	100,00
	Total	6	100	

Sobre la limpieza de las piezas antes de ser soldadas, un 83.33% de trabajadores indican que si se limpian y un 16.67% no sabe si son o no limpiadas.

Tabla 6 ¿Los electrodos utilizados se seleccionan de manera correcta de acuerdo al material base?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Valido	Si	6	100,00	100,00
	No	0	0,00	100,00
	Tal vez	0	0,00	100,00
	Total	6	100	

En relación la idoneidad de los electrodos seleccionados en relación al material base, un 100% de los trabajadores indican que si se seleccionan correctamente.

Tabla 7 ¿Cuál es el tipo de control que existe para evitar la exposición de humos de soldadura en el puesto de trabajo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Valido	Ventilación localizada (mesa con aspiración, campanas móviles de aspiración)	0	0,00	0,00
	Ventilación general mecánica	0	0,00	0,00
	Ventilación natural	6	100,00	100,00
	Total	6	100	

Sobre los controles que existen para evitar la exposición de humos de soldadura en el puesto de trabajo se ha obtenido que el 100% de los trabajadores indica que existe únicamente ventilación natural.

Caracterización básica

De acuerdo con la norma (UNE-EN 689, 2019) para llevar a cabo la medición del material particulado en primer lugar se ha establecido una caracterización básica de los factores de exposición de los trabajadores del taller que realizan las actividades de soldadura. A continuación, se presentan los resultados luego de aplicar la observación e indagación de todas las variables que intervienen el proceso de soldadura.

Tabla 8 Caracterización básica de los factores de exposición

CARACTERIZACIÓN BASICA DE FACTORES DE EXPOSICIÓN		
A. Identificación de agentes químicos		
Materias Primas y productos utilizados	• Piezas metálicas de acero A36 • Electrodos 6011 con recubrimiento de celulosa	
Agentes químicos		
Partículas (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma.	CAS	No aplica
	Indicación de peligro	Los términos soluble e insoluble se entienden con referencia al agua; materia particulada para la que no existe evidencia toxicológica sobre la que basar un VLA. Este valor es para la materia particulada que no contenga amianto ni sílice cristalina;

Fracción respirable	Enfermedades profesionales	Las partículas que forman los humos soldadura pueden penetrar hasta la zona más profunda de los pulmones y a lo largo de los años llegar desarrollar desde neumoconiosis benignas con leves sobrecargas pulmonares, como es el caso del hierro, que incluso puede remitir hasta graves fibrosos pulmonares como las causadas por el berilio.
	VLA-ED	3mg/m3
	Condiciones adicionales	El contaminante se desprende por cada vez que se desarrolla el proceso de soldadura por arco eléctrica para la unión de piezas metálicas. Se presenta en una frecuencia estimada representativa de la mitad de una jornada de trabajo de 8 horas.
Partículas (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma. Fracción inhalable	CAS	No aplica
	Indicación de peligro	Los términos soluble e insoluble se entienden con referencia al agua; materia particulada para la que no existe evidencia toxicológica sobre la que basar un VLA. No obstante; este valor es para la materia particulada que no contenga amianto ni sílice cristalina
	Enfermedades profesionales u otros efectos en la salud	Las partículas que forman los humos soldadura pueden penetrar hasta la zona más profunda de los pulmones y a lo largo de los años llegar desarrollar desde neumoconiosis benignas con leves sobrecargas pulmonares, como es el caso del hierro, que incluso puede remitir hasta graves fibrosos pulmonares como las causadas por el berilio.
	VLA-ED	10 mg/m3
	Condiciones adicionales	El contaminante se desprende por cada vez que se desarrolla el proceso de soldadura por arco eléctrica para la unión de piezas metálicas. Se presenta en una frecuencia estimada representativa de la mitad de una jornada de trabajo de 8 horas.

Óxido de hierro	CAS	1309-37-1
	Etiquetado	
	Indicación de peligro.	H373 - Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas (Inhalación)
	Enfermedades profesionales u otros efectos en la salud	Iritación del tracto respiratorio Neumoconiosis Iritación de ojos
	VLA-ED	5 mg/m3
	Condiciones adicionales	El contaminante se desprende por cada vez que se desarrolla el proceso de soldadura por arco eléctrica para la unión de piezas metálicas. Se presenta en una frecuencia estimada representativa de la mitad de una jornada de trabajo de 8 horas.
Óxido de Zinc	CAS	1314-13-2
	Etiquetado	
	Indicación de peligro.	H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos. H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos
	Enfermedades profesionales u otros efectos en la salud	Iritación del tracto respiratorio Asma Daños en otros órganos Enrojecimiento de ojos.
	VLA-ED VLA-EC	2 mg/m3 10 mg/m3
	Condiciones adicionales	El contaminante se desprende por cada vez que se desarrolla el proceso de soldadura por arco eléctrica para la unión de piezas metálicas. Se presenta en una frecuencia estimada representativa de la mitad de una jornada de trabajo de 8 horas.

Oxido de Manganeso	CAS	7439-96-5
	Etiquetado	
	Indicación de peligro.	H302+H332 Nocivo en caso de ingestión o inhalación H373 Puede provocar daños en los órganos (cerebro) tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de inhalación)
	Enfermedades profesionales u otros efectos en la salud	Irritación del tracto respiratorio Daños en otros órganos
	VLA-ED	0,2 mg/m3
	Condiciones adicionales	El contaminante se desprende por cada vez que se desarrolla el proceso de soldadura por arco eléctrica para la unión de piezas metálicas. Se presenta en una frecuencia estimada representativa de la mitad de una jornada de trabajo de 8 horas.
Monóxido de carbono	CAS	630-08-0
	Etiquetado	
	Indicación de peligro.	H220 gas extremadamente inflamable. H360D Puede dañar al feto. H331 Tóxico en caso de inhalación. H372 Provoca daños en los órganos (3) tras exposiciones prolongadas o repetidas (1)
	Enfermedades profesionales u otros efectos en la salud	Suboxigenación pulmonar Teratógeno Daños en otros órganos
	VLA-ED	23 mg/m3
	VLA-EC	117 mg/m3
	Condiciones adicionales	El contaminante se desprende por cada vez que se desarrolla el proceso de soldadura por arco eléctrica para la unión de piezas metálicas. Se presenta en una frecuencia estimada representativa de la mitad de una jornada de trabajo de 8 horas.

Dióxido de carbono	CAS	124-38-9
		
	Indicación de peligro.	H336 Puede provocar somnolencia o vértigo. Intoxicación por Inhalación Riesgo grave de asfixia y pérdida en espacios confinados
	Enfermedades profesionales u otros efectos en la salud	Daños a otros órganos
	VLA	9.150 mg/m3
	Condiciones adicionales	El contaminante se desprende por cada vez que se desarrolla el proceso de soldadura por arco eléctrica para la unión de piezas metálicas. Se presenta en una frecuencia estimada representativa de la mitad de una jornada de trabajo de 8 horas.
B. Revisión de los factores de exposición		
Organización del trabajo	Puesto de trabajo: soldador Actividad: unión de piezas metálicas de acero A38 para estructuras metálicas (vigas, cerchas) Jornada de trabajo: 08:00 am a 17:00 pm (1 hora almuerzo)	
Procesos	SMAW Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido	
Procedimientos de seguridad	• Dotación de ropa de trabajo • Sin permiso de trabajo • Supervisión deficiente	
Instalaciones de ventilación	• Sin instalaciones de ventilación • No existen equipos de ventilación localizada ni general • Ventilación natural ya que el proceso de soldadura se lleva a cabo al aire libre.	
Frecuencia y duración de la exposición	• 30 min de exposición directa al humo de soldadura por periodo cada hora de trabajo. • Producción constante de estructuras metálicas especialmente en temporadas de invierno.	

Comportamiento del trabajador	• No conoce la concentración de humos de soldadura y contaminantes a la que está expuesto • No conoce el tipo de control adecuado para los humos generados como parte de su proceso. • La posición del soldador se aproxima a la vertical respecto al punto de soldadura • Los humos se generan en el punto de soldadura y su concentración disminuye a medida que se alejan de él, diluyéndose en el ambiente
C. Estimación de la exposición	
Mediciones anteriores	Sin antecedentes de mediciones de humos de soldadura, ni material particulado
Mediciones similares	Trabajos similares a la medición y estimación del riesgo por humos se han realizado en talleres de soldadura, por ejemplo, en el trabajo de (Mayorga, 2022) que tuvo como objetivo “Proponer medidas preventivas y correctivas para disminuir el riesgo de material particulado en los talleres académicos de soldadura del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila” se obtuvo como resultados que el riesgo humos de soldadura presenta un nivel de probabilidad de 24/40, por lo cual presenta una probabilidad de riesgo “Muy Alta”, posicionado en un nivel de riesgo I, lo que significa que tiene una aceptabilidad de tipo “No aceptable”. Por consiguiente, el taller se encuentra en una situación deficiente, con exposición continua o muy deficiente con exposición frecuente al riesgo, lo que conlleva a que normalmente ocurra con frecuencia la materialización del riesgo.
Capacidad de liberación	Existe una liberación de contaminantes considerara debido a a la liberación en el aire en forma de humos o aerosoles de algunos metales y materiales orgánicos provenientes del material base (acero A36), del material de aporte (electrodos), del recubrimiento de los electrodos (celulósico).

Con base en la tabla 8 se puede evidenciar que existe un potencial riesgo de tener efectos a nivel respiratorio o enfermedades a largo plazo por exposición a humos de soldaduras o material particulado producto de los procesos de soldadura que ejecutan los trabajadores del taller SIMSA METALMECANICA, aunque los procesos se hagan en un espacio abierto, puede por la frecuencia de los trabajos realizados fue necesario realizar una medición de material particulado para concluir de manera oportuna la existencia o no del riesgo de inhalación de contaminantes.

Resultados de la medición y cálculo de concentración de material particulado fracción respirable.

Tabla 9 Informe de resultados de medición de material particulado fracción respirable

Nombre del evaluador:		Ing. Paul Baldeón, Mgs.		
Laboratorio de gravimetría		Elicrom S.A		
Objetivo de la medición		Conocer la concentración de material particulado fracción respirable PM 3 y comparar con los limites permisibles.		
Puesto de trabajo	Soldador		Número de trabajadores	6
Nombre del agente medido:		Material particulado Fracción respirable PM 10		
Nombre y dirección de las instalaciones:		Taller Metalmecánico SIMSA S.A Santo Domingo de los Tsachilas. Av. Amelia Paladines Celular: 0983271385		
Procedimiento utilizado		NORMA UNE EN 689:2019+AC AENOR.		
Procedimiento de para el análisis de las muestras.		MTA/MA-014/A88		
Equipo utilizado		Bomba gravimétrica GILIAN BDXII		
Muestreador		IOM. Multidust (Cassette + filtro esteres de celulosa)		
Tiempo de medición	Mayor a 2 h, se medirá todo el periodo de exposición De 10h00 am a 15h00pm	Fechas de medición	Marzo 2022 Octubre 2022	
Marzo 2022				
Mediciones	Volumen de aire muestreado (l)	Concentración de material particulado (mg/m³)	Exposición diaria $\frac{mg}{m^3}$	VLA-ED $\frac{mg}{m^3}$
Medición 1	193.50	1.50	0.28	3
Medición 2	184.50	1.26	0.24	3
Medición 3	198.00	1.42	0.27	3
Septiembre 2022				
Mediciones	Volumen de aire muestreado (l)	Concentración de material particulado (mg/m³)	Exposición diaria $\frac{mg}{m^3}$	VLA-ED $\frac{mg}{m^3}$
Medición 1	182.70	1.55	0.29	3
Medición 2	189.00	1.60	0.30	3
Medición 3	189.90	1.55	0.29	3

Se realizó 6 mediciones de material particulado, distribuidas en grupos de tres mediciones en el mes de marzo y otras tres en septiembre para considerar variaciones climáticas debido a que los trabajos se realizan en el patio del taller al aire libre. De acuerdo a la norma (UNE-EN 689, 2019), los resultados

de la exposición diaria de material particulado están a conformidad ya que los tres resultados realizados en marzo y septiembre respectivamente no superan el 0,1 VLA, por ende, la exposición de los trabajadores al material particulado no representa un riesgo alto de sufrir efectos a la salud a corto o a largo plazo

Tabla 10 Informe de resultados de medición de material particulado fracción inhalable

Nombre del evaluador:		Ing. Paul Baldeón, Mgs.		
Laboratorio de gravimetría		Elicrom S. A		
Objetivo de la medición		Conocer la concentración de material particulado fracción inhalable PM 10 y comparar con los limites permisibles.		
Puesto de trabajo	Soldador		Número de trabajadores	6
Nombre del agente medido:		Material particulado Fracción respirable PM 10		
Nombre y dirección de las instalaciones:		Taller Metalmecánico SIMSA S.A Santo Domingo de los Tsachilas. Av. Amelia Paladines Celular: 0983271385		
Procedimiento utilizado		NORMA UNE EN 689:2019+AC AENOR.		
Procedimiento de para el análisis de las muestras.		MTA/MA-014/A88		
Equipo utilizado		Bomba gravimétrica GILIAN BDXII		
Muestreador		IOM. Multidust (Cassette + filtro esteres de celulosa + espuma poliuretano)		
Tiempo de medición	Mayor a 2 h, se medirá todo el periodo de exposición De 10h00 am 15h00pm	Fechas de medición	Marzo 2022 Octubre 2022	
Marzo 2022				
Mediciones	Volumen de aire muestreado (l)	Concentración de material particulado (mg/m³)	Exposición diaria $\frac{mg}{m^3}$	VLA-ED $\frac{mg}{m^3}$
Medición 1	187.20	5.20	0.97	10
Medición 2	184.50	4.91	0.92	10
Medición 3	191.25	5.03	0.94	10
Septiembre 2022				
Mediciones	Volumen de aire muestreado (l)	Concentración de material particulado (mg/m³)	Exposición diaria $\frac{mg}{m^3}$	VLA-ED $\frac{mg}{m^3}$
Medición 1	191.70	5.28	0.99	10
Medición 2	188.10	5.33	1	10
Medición 3	187.65	5.23	0.98	10

Al igual que la estrategia planteada en las mediciones de material particulado fracción respirable se ha establecido 6 mediciones a realizar en los meses de marzo y septiembre para considerar condiciones climatológicas. Una vez medido se ha calculado la exposición diaria de material particulado fracción inhalable y se ha encontrado que en todos los valores no exceden el 0,1VLA por ende la norma (UNE-EN 689, 2019) menciona que de darse esta situación se puede declarar que la exposición de los trabajadores está a conformidad, es decir, que no sobrepasa los valores permisibles y el trabajador no está expuesto a riesgos de afectaciones y enfermedades profesionales.

DISCUSIÓN

En función de la encuesta realizada a los trabajadores de SIMSA se ha podido evidenciar que el proceso de soldadura SMAW utilizado en la unión de piezas metálicas involucra un desprendimiento de humos y gases que se desprenden en forma de humos y gases, mismos que contienen una combinación de metales y compuestos inorgánicos que tienen origen en el material base, material de aporte, el recubrimiento del electrodo y otros contaminantes que puedan contener el material base.

Aunque resulte importante conocer la concentración de cada componente químico, esto puede resultar un reto en el aspecto técnico y económico para la empresa SIMSA debido a que actualmente en el país no se tiene un laboratorio certificado para procesar las muestras y a posteriori determinar su concentración tal como lo hace un equipo de espectrofotometría de absorción atómica. Por tal razón resulta apropiado limitar la determinación de la concentración de contaminantes a material particulado fracción respirable y fracción inhalable ya que también es un contaminante que contiene límites permisibles en los ambientes de trabajo, cabe recalcar que el material particulado son una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire; de acuerdo con (INSST, n.d.) el método apropiado para la toma de muestras y análisis es el MTA/MA – 014/A11, el cual indica que “El método es aplicable a todo tipo de materia particulada (polvo de madera, polvo de sílice libre, humos de soldadura, nieblas de aceites, etc.) para cuyo análisis se precise una determinación gravimétrica”

Como se puede observar en la tabla 8 se ha realizado una caracterización básica de los factores de exposición, misma que describe la peligrosidad de cada componente químico identificado en los humos de soldadura, se evidencia que es pertinente realizar una medición cuantitativa del material particulado

debido a que no existen evaluaciones previas y los efectos en la salud de la mayoría de agentes químicos pueden provocar afecciones respiratorias crónicas inclusive enfermedades profesionales.

En la tabla 9 y 10 se especifica la medición para material particulado fracción respirable y inhalable respectivamente; para este agente se ha planificado un conjunto de 6 muestras agrupadas en dos meses del año, esto para considerar los factores ambientales característicos de cada estación del año, las mediciones se realizaron con el muestreado colocado en la solapa del cuello para asegurar que la exposición del material particulado se asemeja a la cantidad inhalada por el operador de soldadura, se debe destacar además, que la medición se llevó a cabo con el uso de la máscara de soldar ya que los soldadores la utiliza casi siempre en las operaciones de unión de piezas metálicas.

Como resultado de las mediciones se observa que en las 6 mediciones realizadas para material particulado fracción respirable se observa que, para un conjunto de 3 mediciones, el valor calculado para la exposición diaria en mg/m^3 no excede el 0,1 del VLA, mismo que es de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ y que lo establece el INSST, por ende el método descrito en la norma (UNE-EN 689, 2019) declara como conforme la medición realizada y exposición diaria calculada de los trabajadores.

Es importante discutir que el resultado de conformidad de la exposición diaria de los trabajadores para el material particulado fracción respirable y fracción inhalable probablemente se debió en gran manera por que los trabajos de soldadura se ejecutan en un espacio abierto sin cubiertas con presencia de ventilación natural, además, otro factor que puede influir positivamente a que los trabajadores no se encuentren expuestos a concentraciones por encima de lo recomendable en la norma (UNE-EN 689, 2019) es que los trabajadores en la mayoría de veces utilizan el casco de soldadura que de cierta forma es una barrera protectora a la exposición de los humos de soldadura.

Es importante destacar la pertinencia de definir la estrategia para el muestreo del material particulado con base en lo que indica una norma reconocida y específica para agentes químicos en el aire, en este caso en particular, la norma (UNE-EN 689, 2019) de la clara guía para proceder de manera técnica antes, durante y después de las mediciones. La norma por ejemplo especifica que en primer lugar se debe realizar una caracterización básica de la exposición tal como se realizó en la tabla 8, esto permitirá confirmar si “la información disponible sobre la exposición es insuficiente para decidir sobre la conformidad con el VLA; entonces el evaluador debe continuar y desarrollar un plan de muestreo”.

4. CONCLUSIONES

Resulta determinante establecer una estrategia para la evaluación higiénica de material particulado partiendo de el fundamento técnico de una norma avalada por una organización especializada en higiene industrial, en la presente investigación la norma española UNE-EN 689:2019+AC, misma que permitió concretar el patrón de exposición y así poder concluir que si es pertinente y necesario realizar una medición de agentes químicos por inhalación.

Es factible abordar la medición de agentes químicos mediante la determinación de la concentración de material particulado debido a que el método de análisis de muestras tiene alcance a la capacidad económica de la empresa y además de la capacidad técnica de los laboratorios ya que actualmente la determinación específica metales en humos y aerosoles se realiza mediante una espectrofotometría de absorción atómica y actualmente en el Ecuador no se realiza este procedimiento sino mas bien es bastante accesible determinar la concentración de material particulado aplicando el método gravimétrico de acuerdo con las especificaciones que indica el (INSST, n.d.) en la obra titulada “Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire – método gravimétrico”.

La selección de la bomba gravimétrica GILIAN BDXII fue la adecuada debido a que garantizo captar todo el flujo de aire con material particulado que emanan los procesos de soldadura de los trabajadores. La bomba tiene una capacidad de monitorear el flujo de aire en un rango de 500 a 300 cc/min y una batería recargable que asegura aproximadamente 10 horas de funcionamiento, esta última característica también aseguro que el equipo capte las muestras durante todo el tiempo de muestreo que se definió en la estrategia de medición según se indica en la tabla 9 y 10.

Los factores de exposición incluyendo las tareas de los soldadores no es constante durante la jornada laboral, por ende, resulto eficaz plantear un conjunto de tres mediciones y que cada una tenga una duración representativa al periodo de exposición, mismo que tiene una duración aproximada de 7 horas comprendida desde las 10h00 am hasta las 15h00 pm. Aun cuando la norma UNE-EN 689:2019+AC establece que tiene que haber un mínimo de tres mediciones de 2 horas de duración cada una, se ha tomado la decisión de tomar tres mediciones más en otra época del año para considerar las condiciones climáticas, mismas que influyen en la exposición por inhalación de material particulado de los trabajadores.

5. LISTA DE REFERENCIAS

- Gómez Marrugo, D., Puello Silva, J., León Méndez, G., Altamiranda Durango, N., & León Méndez, D. (2019). Determinación de Cadmio proveniente de humos metálicos en ambientes de trabajo dedicados a la soldadura. *Bistua Revista De La Facultad De Ciencias Basicas*, 16(1), 110. <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2018.3198>
- INSST. (n.d.). *MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS. Determinación de materia particulada (Fracciones Inhalable, Torácica y Respirable) en aire - Metodo Gravimétrico*. 20. <https://www.insst.es/metodos-de-toma-de-muestras-y-analisis>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M. P. (2021). *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2021*.
- Instrumento Andino Decisión 584. (2004). Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Decisión 584, Sustitución de La Decisión 547*, 4–13. <https://bit.ly/3G9qVCP>
- Martí Veciana, A. (2004). NTP 731: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (I): aspectos generales. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*, 1, 6. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_731.pdf
- Martí Veciana, A. (2006). NTP 765: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (III): muestreadores personales de las fracciones del aerosol. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*, 1, 2–7.
- Mayorga, R. (2022). Propuesta medidas preventivas y correctivas para disminuir el riesgo de material particulado en los talleres de soldadura en los talleres académicos del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila. *Escuela Politécnica Nacional*. [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23252/1/CD 12667.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23252/1/CD%2012667.pdf)
- Ministerio de Trabajo. (2018). *Medición de polvo y medidas preventivas en la construcción*. <https://www.coatcaceres.es/FTP/Publicaciones/2020GuiaMedicionPolvoyMedidasPreventivasConstruccion.pdf>
- Morán, G., & Alvarado, D. (2010). Métodos de investigación. In *Banrepcultural.Org*.

<http://www.sidalc.net/cgi->

bin/wxis.exe/?IsisScript=EARTH.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=022575%5Cnhttp://www.banrepcultural.org/sites/default/files/manual_de_redaccion_cientifica.pdf

- Odgerel, C. O., Takahashi, K., Sorahan, T., Driscoll, T., Fitzmaurice, C., Yoko-O, M., Sawanyawisuth, K., Furuya, S., Tanaka, F., Horie, S., Zandwijk, N. Van, & Takala, J. (2017). Estimation of the global burden of mesothelioma deaths from incomplete national mortality data. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(12), 851–858. <https://doi.org/10.1136/oemed-2017-104298>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2019). Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. Aprovechar 100 años de experiencia. In *Sistema de Gestión*. http://training.itsilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/kemi/pest/pesti2.htm
- Presidencia de la República del Ecuador. (1986). Decreto Ejecutivo 23923. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. *El Graduado: Boletín Informativo Del Ilustre Colegio Oficial de Graduados Sociales de Madrid*, 41, 72–73.
- Rojas Labiano, J. maria, & Azpiroz Unsain, A. (2009). El soldador y los humos de soldadura. *Osalan. Instituto Vasco de Seguridad i Salud Laborales*, 1–44. [http://www.osalan.euskadi.eus/s94-osa9999/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/adjuntos/El Soldador.pdf](http://www.osalan.euskadi.eus/s94-osa9999/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/adjuntos/El_Soldador.pdf)
- Tomás Arévalo Fernández. (2020). Higiene Industrial. In *UNIR* (Vol. 12, Issue 37).
- UNE-EN 689. (2019). *UNE EN 689: Norma Española Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional*.