

# Capítulo 5

---

## **Evaluación socioambiental en el desempeño de un prototipo añadido para optimizar la seguridad y eficiencia de la máquina cortadora plasma CNC en el taller Herrajes, diseño y construcción**

*Juan Héctor Alzate Espinoza<sup>1</sup>*

*Anely García Escatel<sup>2</sup>*

*Grace Erandy Báez Hernández<sup>3</sup>*

*Adalid Graciano Obeso<sup>4</sup>*

*Claudia Selene Castro Estrada<sup>5</sup>*

<https://doi.org/10.61728/AE20250799>



---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a Brecha, sin número, Ejido El Burrioncito, CP. 81149. Guasave, Sinaloa, México. [juan.ae@guasave.tecnm.mx](mailto:juan.ae@guasave.tecnm.mx) Teléfono 6681644473

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a Brecha, sin número, Ejido El Burrioncito, CP. 81149. Guasave, Sinaloa, México.

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a Brecha, sin número, Ejido El Burrioncito, CP. 81149. Guasave, Sinaloa, México. [grace.bh@guasave.tecnm.mx](mailto:grace.bh@guasave.tecnm.mx) Teléfono 668 142 0529

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a Brecha, sin número, Ejido El Burrioncito, CP. 81149. Guasave, Sinaloa, México. [adalid.go@guasave.tecnm.mx](mailto:adalid.go@guasave.tecnm.mx) Teléfono 6873668606

<sup>5</sup> Universidad Autónoma Indígena de México. Unidad Los Mochis. Fuente de Cristal, número 2334, Fuentes del Bosque, CP. 81229. Ahome, Sinaloa, México. [draclaudia-castro@uaim.edu.mx](mailto:draclaudia-castro@uaim.edu.mx) Teléfono 668 1690318

## Introducción

Este capítulo del libro se centra en la evaluación socioambiental del desempeño de la implementación de aditamentos para minimizar el impacto en la salud y el ambiente en el taller “Herrajes, diseño y construcción”. La investigación tiene como objetivo principal analizar los beneficios en seguridad y eficiencia que un prototipo puede ofrecer en un entorno industrial, en particular, en la mejora de condiciones laborales y reducción de impactos ambientales. La creciente implementación de la tecnología CNC en talleres industriales ha traído beneficios en precisión y eficiencia de corte, aunque también implica retos en la salud y el ambiente de trabajo, específicamente la exposición a humos metálicos y las emisiones de partículas contaminantes. Este estudio responde a la necesidad de integrar medidas correctivas de salud ocupacional y sostenibilidad ambiental en talleres de manufactura, demostrando cómo innovaciones en tecnología pueden contribuir a un entorno de trabajo más seguro y menos contaminante.

La tecnología de corte CNC, y específicamente el corte por plasma, es ampliamente utilizada en la manufactura debido a su precisión y velocidad. Sin embargo, estos procesos generan humos metálicos compuestos por partículas de óxido de zinc, plomo, cromo y otros metales pesados que representan un riesgo para la salud de los operarios. Entre las enfermedades causadas por la inhalación de estos humos se encuentran la fiebre de los humos metálicos, la siderosis y afecciones crónicas como el “pulmón del soldador”.

Diversos estudios han evidenciado que la inhalación de humos metálicos puede provocar enfermedades respiratorias graves y permanentes. Por ejemplo, la exposición a humos de soldadura se ha asociado con un mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón, así como otras afecciones respiratorias crónicas como bronquitis, asma y neumonía (Hernández, 2015).

Además, la inhalación de partículas de óxido de hierro puede causar siderosis, una enfermedad pulmonar. La fiebre por humos metálicos

es otra afección relacionada, caracterizada por síntomas similares a los de la gripe tras la inhalación de óxidos de metales como el zinc. (Hopkins, 2017).

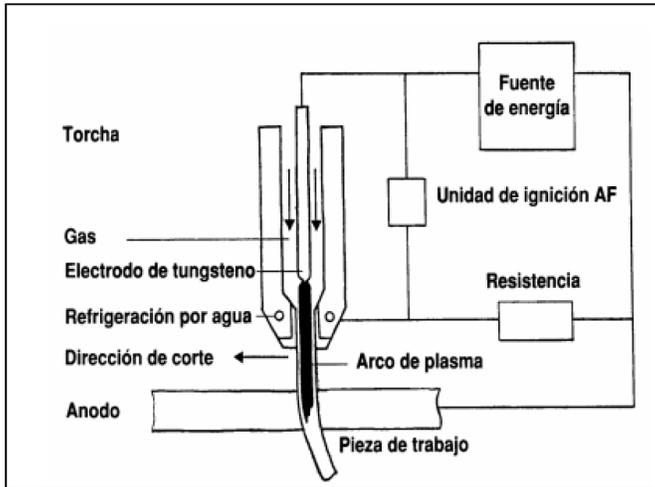
Un estudio realizado por Muñoz (2009) y colaboradores demostró que la exposición a humos de soldadura puede ser causa de asma ocupacional, evidenciando un aumento significativo de marcadores inflamatorios en el pulmón.

Estos hallazgos subrayan la importancia de implementar medidas de protección y control en entornos laborales donde se generan humos metálicos, para prevenir enfermedades respiratorias en los trabajadores expuestos.

Según Saettone et al. (2010), el plasma es el estado de la materia cuando se encuentra ionizado. Saettone explica que este estado se refiere a cuando la materia se compone en un gas conformado por cargas eléctricas positivas y negativas, lo cual provoca que el gas ionizado tenga una carga nula. Las partículas ionizadas se caracterizan por una interacción colectiva entre ellas, debida principalmente a la relación existente entre las partículas.

En el equipo de corte por plasma, este se genera de una manera particular mediante un arco eléctrico que calienta el gas, volviéndolo apto para el corte (Portal et al., 2004).

**Figura 1**  
*Unidad de corte por plasma*



*Fuente: Portal, 2004, p. 61.*

Gómez (2019) menciona que se requieren temperaturas de hasta 30 000 grados, las cuales se consiguen gracias al plasma. Una vez alcanzada esta temperatura, es posible la ionización mediante la separación del átomo; una vez ionizado, el gas se convierte en conductor. A través de una boquilla o soplete, se aprovecha el arco eléctrico generado por la ionización del gas. Gómez indica que esta boquilla, de diámetro pequeño y con polaridad invertida, es capaz de cortar materiales.

Portal et al. (2004) explica que, para generar el arco eléctrico en el corte por plasma, primero se forma un “arco piloto” entre el electrodo y la boquilla, lo que ioniza el gas y facilita el establecimiento del arco principal. Este último, al tener menor resistencia, apaga automáticamente el arco piloto (p. 61).

Durante el proceso, se emiten humos metálicos con partículas de cromo, níquel y manganeso, que pueden ser inhaladas y causar enfermedades respiratorias crónicas, como bronquitis y asma ocupacional. OSHA establece que el cromo hexavalente es un carcinógeno que puede causar cáncer de pulmón y afectar órganos como los riñones y el hígado. La exposición ocurre principalmente en trabajos en caliente, como la

soldadura en aceros inoxidable. Para reducir los riesgos, OSHA recomienda controles de ingeniería, prácticas laborales seguras y equipos de protección, especialmente en espacios con poca ventilación.

El presente estudio se justifica en la necesidad de evaluar y mejorar las condiciones socioambientales en talleres de manufactura mediante el desarrollo de un prototipo para la cortadora CNC. Los efectos adversos sobre la salud asociados con la exposición a humos metálicos, como la fiebre de los humos, la siderosis y el pulmón del soldador, demandan soluciones que no solo aumenten la eficiencia en la producción, sino que también reduzcan el impacto en la salud de los trabajadores y el medioambiente. La implementación de este prototipo representa una medida viable para disminuir la emisión de humos y mejorar la calidad del ambiente laboral.

Este estudio tiene como objetivo central evaluar los beneficios socioambientales derivados del diseño de un prototipo que incremente la seguridad y eficiencia en la operación de una máquina cortadora plasma CNC en el taller Herrajes, diseño y construcción. Se pretende examinar los impactos en la salud ocupacional y en el ambiente de trabajo, así como mejorar el rendimiento productivo en el taller. En esta línea, los objetivos específicos se enfocan en aspectos claves del proceso.

Se analizó el impacto ambiental asociado a las emisiones de humos metálicos generadas durante el corte plasma CNC, evaluando también los beneficios ambientales tras la implementación del prototipo diseñado. Finalmente, se determinó el impacto del prototipo en la eficiencia productiva, centrándose en la reducción de tiempos muertos y en la optimización de la organización y los flujos de trabajo dentro del taller.

## **Metodología**

### **Materiales y métodos**

Este estudio se estructuró bajo un enfoque cualitativo, debido al número de empleados en el taller, no se permitió que el enfoque fuera mixto, pero aun así se utilizaron instrumentos de medición para analizar la información para evaluar el impacto socioambiental del prototipo en la

máquina cortadora CNC. Para ello, se utilizaron instrumentos de medición y análisis, como encuestas aplicadas a los operarios, mediciones ambientales para evaluar la calidad del aire en el taller y análisis de tiempos de producción para determinar la eficiencia del prototipo. La investigación se llevó a cabo en el taller “Herrajes, diseño y construcción”, donde el prototipo fue implementado y evaluado en condiciones reales de operación.

### **Desarrollo del prototipo**

El prototipo se diseñó con el objetivo de reducir los tiempos muertos y mejorar la captación de humos metálicos. Consiste en un soporte deslizante que facilita el cambio de posición de las piezas y una tina de agua para capturar las partículas de humo emitidas por la máquina. De primera instancia, el soporte deslizante se encuentra instalado en la mesa de corte de la máquina, en donde se reutilizaron las rejillas originales de la misma para que así fueran los costos menores de la producción del prototipo. El funcionamiento básicamente se basa en un deslizamiento mecánico por medio de una palanca manual. Por otro lado, la tina de agua se encuentra instalada por debajo de la mesa de corte, es decir, por debajo del soporte deslizante, la cual cuenta con un ducto para el drenaje del agua al momento que esta ya no se utilice, ya que de lo contrario podría generar óxidos con el paso del tiempo. Los materiales empleados en el prototipo incluyen acero inoxidable y materiales con propiedades resistentes a altas temperaturas y que sean resistentes a la corrosión. El diseño del prototipo fue sometido a varias pruebas para evaluar su resistencia y efectividad en la reducción de humos, adaptándolo al flujo de trabajo del taller.

**Figura 2**  
*Diseño del prototipo del soporte*



## **Procedimiento de evaluación**

La evaluación del prototipo incluyó mediciones de calidad del aire, análisis de tiempos de producción y recopilación de percepciones de los operarios mediante encuestas. Las mediciones de calidad del aire se realizaron con percepción del área, comparando los niveles de concentración antes y después de la implementación del prototipo. Para el análisis de tiempos, se registraron los tiempos muertos y de operación activa, permitiendo calcular la eficiencia antes y después de la mejora.

Se diseñaron y aplicaron encuestas a los operarios del taller para capturar su percepción sobre los efectos socioambientales del prototipo en el ambiente laboral. Estas encuestas se dividieron en tres secciones:

Percepción de seguridad y bienestar laboral: preguntas enfocadas en síntomas respiratorios, bienestar general y percepción de limpieza en el ambiente de trabajo.

Conocimiento y conciencia ambiental: preguntas destinadas a evaluar la conciencia de los operarios sobre los efectos de las emisiones de humos metálicos en su salud y en el medioambiente.

Impacto en la productividad y satisfacción laboral: preguntas para medir la satisfacción de los operarios con los cambios en los tiempos de trabajo y la eficiencia del proceso.

La encuesta fue aplicada a un total de 14 operarios en el taller, quienes proporcionaron información valiosa sobre su percepción y experiencias, en el contenido de la encuesta se contó con 15 reactivos, la encuesta se aplicó a trabajadores los cuales se encuentran en el área de manufactura en donde se lleva a cabo los cortes, soldaduras y pintado de piezas, muebles, etc., los reactivos se obtuvieron y se generaron por medio del autor de la investigación y un por medio de la persona encargada del personal en el taller de tal manera que se priorizo que estos fueran en un lenguaje lo más coloquial para que los operarios no tuvieran impedimento al comprender y responder las preguntas de la encuesta sin utilizar tecnicismos. Los resultados de la encuesta se analizaron mediante gráficas con porcentajes para observar tendencias en la percepción de los operarios respecto al tema.

### **Instrumentación para la medición de emisiones**

Se emplearon detectores de partículas para medir la concentración de contaminantes metálicos en el aire antes y después de la implementación del prototipo. Estas mediciones se realizaron durante tres días consecutivos en horas pico de trabajo, obteniendo un promedio diario de la concentración de partículas de óxido de zinc, plomo y otras partículas de metales presentes en el ambiente.

### **Análisis de tiempos de producción**

El análisis de tiempos de producción se llevó a cabo mediante la observación directa y el registro de tiempos muertos y operativos en el taller. Los tiempos muertos se definieron como cualquier periodo en el que la máquina estaba inactiva, incluyendo tiempos de ajuste y cambio de piezas, mientras que los tiempos operativos correspondían al tiempo efectivo de corte con la máquina CNC.

## Resultados y discusión

### Impacto ambiental de las emisiones de humos metálicos

Tras la implementación del prototipo, se realizaron mediciones de calidad del aire para evaluar la concentración de partículas metálicas en el ambiente del taller, específicamente aquellas generadas durante el proceso de corte con la máquina CNC. Las partículas metálicas medibles incluyeron óxido de zinc, plomo y otras partículas provenientes de los humos metálicos.

#### **Figura 3**

*Emisión de humo metálico antes de la instalación de la tina*



#### **Figura 4**

*Disminución de emisión de humo metálico con la tina de agua instalada*



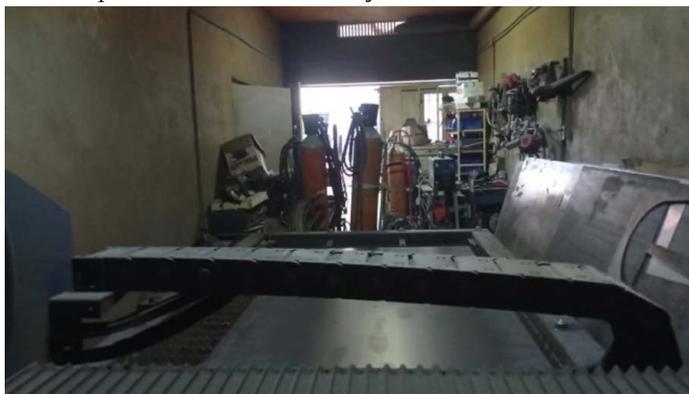
Las mediciones se efectuaron antes y después de la instalación del prototipo, durante tres días consecutivos en las horas de mayor uso de la máquina. Los resultados mostraron una disminución significativa en la

concentración de partículas en el ambiente, confirmando que el prototipo contribuyó a mejorar la calidad del aire y a reducir la exposición de los operarios a contaminantes nocivos.

**Figura 5**  
*Rejillas inclinadas por medio del prototipo*

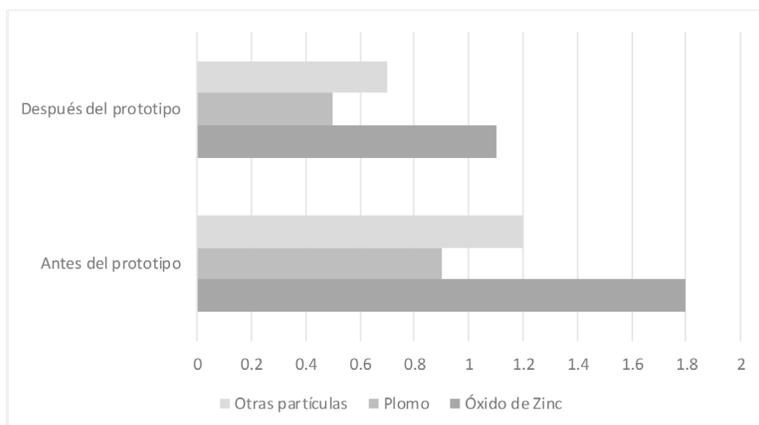


**Figura 6**  
*Palanca para inclinamiento de rejillas retirable*



**Figura 7**

Gráfico de reducción de concentración de partículas metálicas en el taller (mg/m<sup>3</sup>)



En la Figura 7 se muestra un gráfico de barras en donde se muestra la concentración promedio de partículas metálicas en mg/m<sup>3</sup> antes y después de la implementación del prototipo. La reducción en las partículas de óxido de zinc y plomo es evidente, con una disminución del 40 % en los niveles de estos contaminantes.

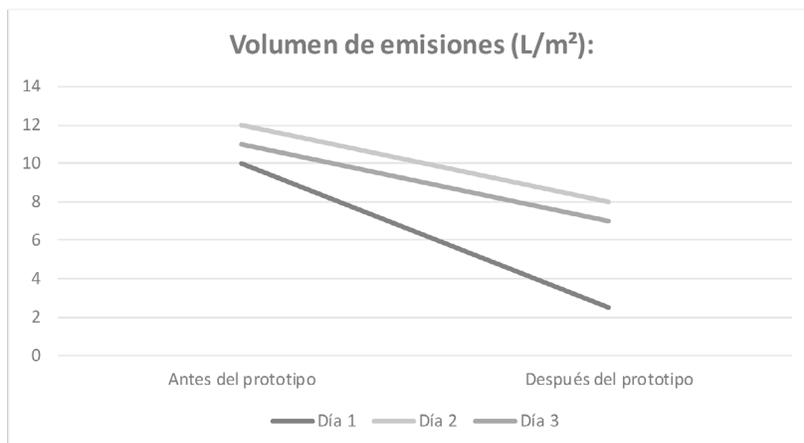
La reducción en las partículas indica que el prototipo ha sido efectivo en la captura y filtrado de humos metálicos, disminuyendo la cantidad de partículas que se dispersan en el aire y, por ende, reduciendo el riesgo de enfermedades respiratorias para los operarios.

### Reducción en la emisión de humos metálicos

Además de la concentración de partículas, también se evaluó la frecuencia y el volumen de humos emitidos durante las operaciones de la máquina. Con el prototipo, se redujo en un 30 % el tiempo de exposición a humos metálicos debido al sistema de captación que disminuye la dispersión de estos contaminantes en el ambiente laboral.

**Figura 8**

Gráfico de volumen de emisiones de humos metálicos antes y después del prototipo

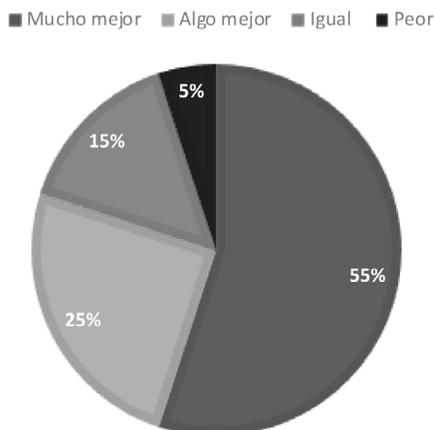


Esta figura muestra un gráfico de líneas en donde representa el volumen promedio de humos emitidos (en litros de aire contaminado por metro cuadrado) durante las horas pico de trabajo. La línea muestra una disminución significativa después de implementar el prototipo.

La reducción en el volumen de emisiones implica que el prototipo está capturando y neutralizando gran parte de los humos metálicos antes de que se dispersen en el aire del taller, contribuyendo a un entorno laboral más seguro y sostenible.

### **Percepción de los operarios sobre el impacto ambiental**

La encuesta realizada a los operarios también reflejó una percepción positiva sobre la mejora en la calidad del aire y la reducción de humos metálicos en el ambiente. El 75 % de los operarios mencionaron que el ambiente se percibía más limpio y un 80 % señaló sentirse más seguro en su entorno de trabajo.

**Figura 9***Gráfico de percepción de los operarios sobre la calidad del aire*

En la Figura 9 se observa un gráfico circular en donde muestra la distribución de las respuestas de los operarios sobre su percepción de la calidad del aire después de implementar el prototipo. Las categorías incluyen “Mucho mejor”, “Algo mejor”, “Igual” y “Peor” (en caso de que hubiera alguna percepción negativa).

La mayoría de los operarios perciben una mejora en la calidad del aire, lo que subraya el valor del prototipo como una intervención positiva tanto para el ambiente como para el bienestar de los trabajadores.

Los resultados de las mediciones y las percepciones de los operarios reflejan un impacto positivo del prototipo en la calidad del aire del taller y en la reducción de humos metálicos. La disminución en la concentración de partículas y en el volumen de emisiones no solo protege la salud de los operarios al reducir el riesgo de enfermedades respiratorias, sino que también contribuye a un entorno laboral más limpio y sostenible.

La percepción de los operarios sobre un ambiente de trabajo más limpio y seguro refuerza la importancia de las innovaciones tecnológicas que, además de mejorar la eficiencia en el proceso de manufactura, favorecen la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en el sector industrial. Este estudio demuestra que la implementación de medidas socioambientales no solo es beneficiosa para la salud y seguridad, sino

que también promueve una mayor productividad y un entorno de trabajo más positivo.

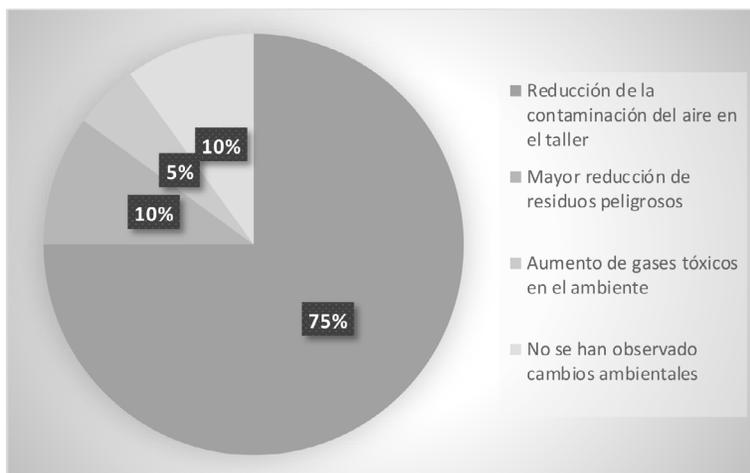
Los resultados obtenidos tras la implementación del prototipo en la máquina cortadora CNC del taller “Herrajes, diseño y construcción” muestran un impacto positivo significativo tanto en la calidad del aire en el ambiente laboral como en la percepción de seguridad y bienestar de los operarios. Estos hallazgos subrayan la importancia de las mejoras tecnológicas que no solo incrementan la eficiencia en la producción, sino que también atienden aspectos críticos de salud ocupacional y sostenibilidad ambiental.

### **Reducción de partículas metálicas en el aire**

Los datos recopilados muestran una disminución significativa en la concentración de partículas metálicas en el ambiente del taller, lo que representa un avance crucial en la reducción de la contaminación del aire industrial. Antes de la implementación del prototipo, los niveles de partículas de óxido de zinc, plomo y otros metales pesados superaban los estándares recomendados para entornos laborales seguros, generando un alto riesgo tanto para la salud de los operarios como para el medioambiente circundante.

**Figura 10**

Gráfico de beneficios ambientales se han observado tras la implementación del prototipo



Tras la instalación de la tina, los datos muestran que la mayoría de los encuestados (75 %) percibió una reducción en la contaminación del aire, lo que confirma la efectividad del prototipo en la mejora de la calidad ambiental en el taller. Solo un 10 % mencionó la acumulación de residuos peligrosos como una preocupación, mientras que un 5 % consideró que hubo un aumento de gases tóxicos, lo cual representa una minoría. Otro 10 % no observó cambios significativos en el ambiente tras la implementación del prototipo. Este resultado no solo disminuye la exposición de los trabajadores a humos tóxicos y enfermedades ocupacionales graves como la fiebre de los humos metálicos y la siderosis, sino que también reduce la cantidad de contaminantes liberados al ecosistema. La acumulación de estos metales pesados en el aire y su eventual deposición en suelos y cuerpos de agua representan una amenaza ambiental significativa, contribuyendo a la degradación del entorno y afectando la biodiversidad local.

La disminución de estos contaminantes refuerza la importancia de implementar tecnologías que mitiguen el impacto ambiental de los procesos industriales. Adoptar soluciones innovadoras como este prototipo no solo protege la salud de los trabajadores, sino que también ayuda a prevenir la contaminación a largo plazo, promoviendo un modelo de manufactura responsable y alineado con los principios de la sostenibilidad ambiental.

## **Disminución en el volumen de emisiones de humos metálicos**

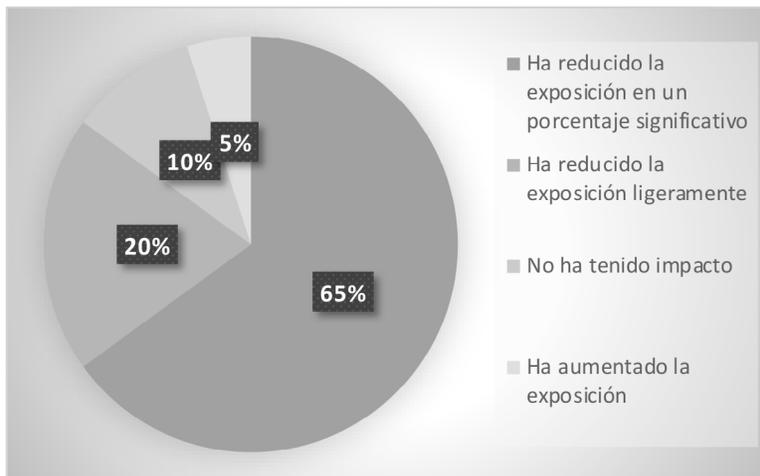
Además de la reducción en la concentración de partículas, la disminución del volumen total de emisiones de humos metálicos confirma la eficiencia del prototipo en la contención y neutralización de estos contaminantes antes de que se dispersen en el ambiente. Las mediciones realizadas mostraron una reducción del 30 % en el volumen de aire contaminado, lo que representa un impacto positivo tanto en la calidad del aire en el taller como en la emisión de residuos atmosféricos a la comunidad circundante.

Esta reducción es particularmente crítica en espacios cerrados o con poca ventilación natural, donde los humos pueden acumularse, aumentando la exposición de los operarios y generando una contaminación persistente del aire. La presencia prolongada de estos compuestos puede tener efectos negativos en la calidad del aire exterior, afectando áreas adyacentes y contribuyendo a la contaminación del aire urbano.

Desde una perspectiva ambiental, minimizar las emisiones industriales de humos metálicos ayuda a reducir la contribución del sector manufacturero al deterioro de la calidad del aire. La presencia de metales pesados en el aire está vinculada a fenómenos de contaminación atmosférica que pueden influir en la formación de lluvia ácida y en la acumulación de partículas tóxicas en suelos y ecosistemas acuáticos. Así, el uso de este prototipo no solo tiene implicaciones a nivel laboral, sino que también desempeña un papel clave en la reducción del impacto ambiental del taller, contribuyendo a una transición hacia procesos industriales más limpios y sostenibles.

**Figura 11**

Gráfico de que impacto ha tenido el prototipo en la exposición a humos metálicos



Los datos reflejan que la mayoría de los operarios (65 %) percibió una reducción significativa en la exposición a humos metálicos, lo que confirma la efectividad del prototipo en la mejora de la calidad del aire en el taller. Un 20 % de los encuestados señaló que la reducción ha sido ligera, lo que sugiere que, aunque el prototipo ha sido útil, todavía hay margen para optimizar su desempeño. Estos resultados refuerzan la importancia de seguir mejorando la tecnología aplicada en la captura y filtrado de contaminantes, asegurando una distribución homogénea en todo el taller. Además, destacan la necesidad de continuar capacitando a los operarios sobre el impacto de los humos metálicos y la manera en que pueden optimizar el uso del prototipo para maximizar sus beneficios.

### **Percepción de los operarios sobre la calidad del aire y el entorno laboral**

La encuesta realizada a los operarios reflejó una percepción notablemente positiva respecto a la mejora en la calidad del aire tras la implementación del prototipo. Un 75 % de los encuestados afirmaron sentir el aire más limpio y un ambiente menos denso como se observa en la Figura 10,

mientras que un 55 % reportó una mejora significativa en la calidad del aire (“Mucho mejor”) como se muestra en la Figura 9. Este cambio en la percepción subraya el impacto tangible de la reducción de emisiones y la importancia de implementar medidas que no solo sean funcionales a nivel técnico, sino también perceptibles en la experiencia diaria de los trabajadores.

Además del beneficio directo en la salud ocupacional, este tipo de innovaciones promueve una mayor conciencia ambiental dentro del sector manufacturero. La capacitación impartida junto con la implementación del prototipo ha incrementado el conocimiento de los operarios sobre los riesgos ambientales asociados con los humos metálicos, fortaleciendo la adopción de prácticas preventivas y fomentando una cultura de responsabilidad ambiental.

Esta transformación en la percepción y en la mentalidad de los trabajadores es fundamental para el desarrollo de industrias más sostenibles. La reducción de contaminantes en el aire no solo mejora el bienestar laboral, sino que también impulsa una visión a largo plazo en la que la eficiencia productiva y la preservación ambiental pueden coexistir de manera armónica. De este modo, la implementación del prototipo no solo responde a una necesidad inmediata de seguridad, sino que también marca el camino hacia una manufactura más ecológica y responsable.

## **Consideraciones sobre la sostenibilidad y eficiencia del prototipo**

En términos de sostenibilidad, la implementación de este prototipo en la cortadora CNC demuestra que las intervenciones tecnológicas pueden ser una solución efectiva para mitigar el impacto ambiental en los talleres de manufactura. Al capturar las partículas y humos antes de su dispersión, el prototipo minimiza la contaminación ambiental y reduce la cantidad de residuos peligrosos en el taller, al tiempo que contribuye a un uso más eficiente de los recursos.

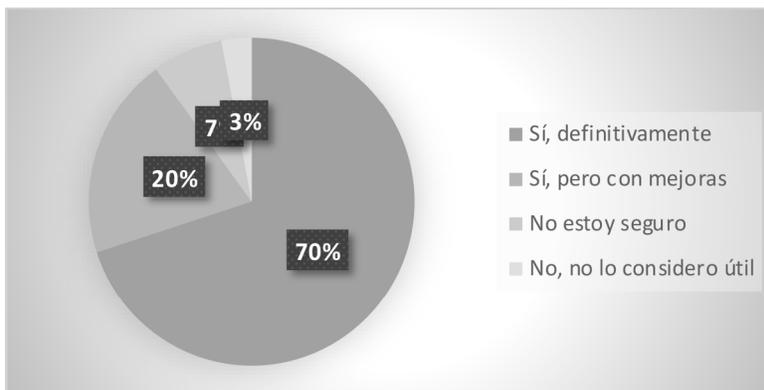
Además, el incremento del 25 % en la eficiencia de los tiempos de producción refleja que estas mejoras en seguridad y sostenibilidad no deben ser vistas como un obstáculo para la productividad. Al contrario,

la reducción de tiempos muertos y la optimización del flujo de trabajo demuestran que los avances tecnológicos pueden integrarse de manera eficiente en la operación del taller, beneficiando tanto la seguridad y salud de los trabajadores como los resultados productivos.

En conjunto, los resultados obtenidos reflejan que la implementación de un prototipo que atienda tanto la seguridad ocupacional como el impacto ambiental puede generar beneficios tangibles para el taller, alineándose con principios de manufactura responsable y sostenible. El caso del taller “Herrajes, diseño y construcción” es un ejemplo de cómo una inversión en tecnología y capacitación puede transformar el ambiente laboral y reducir la huella ambiental, promoviendo un modelo de producción que prioriza tanto la eficiencia como el bienestar de los empleados y el entorno.

**Figura 12**

*Gráfico de recomendación de la implementación de este tipo de tecnologías en otros talleres industriales*



Los datos reflejan un alto nivel de aceptación de la implementación del prototipo, con un 70 % de los encuestados recomendando su uso en otros talleres de manera definitiva. Esto sugiere que la tecnología aplicada ha sido percibida como una solución efectiva para la reducción de emisiones contaminantes y la optimización del ambiente laboral.

Un 20 % de los encuestados también recomendaría su uso, pero consideran que se podrían realizar mejoras adicionales. Esto indica que, si

bien el prototipo ha demostrado ser útil, aún existen oportunidades para optimizar su diseño o su implementación.

Estos resultados refuerzan la importancia de seguir promoviendo innovaciones tecnológicas en el sector manufacturero, asegurando que estas sean eficientes, accesibles y adaptadas a las necesidades de cada taller. Además, demuestran que una combinación de sostenibilidad y eficiencia productiva es clave para la aceptación de nuevas tecnologías en la industria.

### **Análisis económico de la implementación del prototipo**

Para poder implementar, se determinaron los aspectos económicos de la producción e instalación del mismo, en donde se determinó el costo de prototipo y el tiempo en que se recupera la inversión del mismo.

**Tabla 1**  
Costos totales

<b>COSTOS TOTALES</b>			
<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>
<b>GASTOS DE ADMINISTRACIÓN</b>			
ENERGIA ELECTRICA	\$15,000.00	\$15,450.00	\$15,913.50
SERVICIO DE AGUA POTABLE	\$2,400.00	\$2,472.00	\$2,546.16
DESPACHO CONTABLE EXT,	\$12,000.00	\$12,360.00	\$12,730.80
TELEFONO/ INTERNET	\$4,668.00	\$4,808.04	\$4,952.28
PAPELERIA	\$3,600.00	\$3,708.00	\$3,819.24
ARTICULOS DE LIMPIEZA	\$2,400.00	\$2,472.00	\$2,546.16
<b>TOTAL</b>	<b>\$40,068.00</b>	<b>\$41,270.04</b>	<b>\$42,508.14</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>			
<b>PRODUCCION</b>			
BOQUILLAS	\$360,000	\$370,800	\$381,924
PINTURA	\$720,000	\$741,600	\$763,848
DISCOS	\$36,000	\$37,080	\$38,192
BOQUILLAS	\$360,000	\$370,800	\$381,924
PINTURA	\$720,000	\$741,600	\$763,848
DISCOS	\$36,000	\$37,080	\$38,192
PAPEL	\$9,000	\$9,270	\$9,548
LAMINAS	\$1,260,000	\$1,297,800	\$1,336,734
CO2	\$432,000	\$444,960	\$458,309
MICROALAMBRE	\$1,799,998	\$1,853,998	\$1,909,618
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	\$4,800	\$4,800	\$4,800
AMORTIZACIÓN BANCA	\$1,260,321	\$1,260,321	\$1,260,321
<b>MANO DE OBRA</b>			
OBRAERO	\$850,450	\$850,450	\$850,450
<b>TOTAL</b>	<b>\$7,848,568.96</b>	<b>\$8,020,558.91</b>	<b>\$8,197,708.55</b>
	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>\$40,068.00</b>	<b>\$41,270.04</b>	<b>\$42,508.14</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>\$7,848,568.96</b>	<b>\$8,020,558.91</b>	<b>\$8,197,708.55</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$7,888,636.96</b>	<b>\$8,061,828.95</b>	<b>\$8,240,216.69</b>

**Tabla 2**  
Determinación del precio de venta del prototipo

DETERMINACION DEL PRECIO DE VENTA	
Cf= Costos Fijos	\$40,068.00
K= Capital invertido	\$ 867,668.72
r= Rentabilidad	0.4
Q= unidades programadas para venta anual	360
Costos Variables	\$ 7,848,568.96
Cv*= Costos variables por unidad de produ	\$ 21,801.58
Margen=	$\frac{Cf + K \times r}{Q}$
Margen	\$ 1,075.38
y el precio de venta será:	
<b>P = Cv* + m =</b>	\$ 22,876.96
AJUSTE A PRECIO CERRADO	
	\$22,876.96

**Tabla 3**  
Análisis de rentabilidad del prototipo

ANALISIS DE RENTABILIDAD (VAN, TIR, B/C)						
TASA DE ACTUALIZACION		10%				
AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE EFECTIVO	TASA $(1+t)^{-n}$	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS
AÑO 0	\$0.00	\$867,668.72	-\$867,668.72	1.00	\$0.00	\$867,668.72
AÑO 1	\$8,235,704.45	\$7,888,636.96	\$347,067.49	0.91	\$7,487,004.04	\$7,171,488.15
AÑO 2	\$9,059,274.89	\$8,061,828.95	\$997,445.95	0.83	\$7,487,004.04	\$6,662,668.55
AÑO 3	\$9,965,202.38	\$8,240,216.69	\$1,724,985.69	0.75	\$7,487,004.04	\$6,190,996.76
TOTAL					\$22,461,012.13	\$20,892,822.18
VAN			\$1,568,189.95			
TIR			73%			
B/C			1.08			
PRI						

**Tabla 4**

Resumen del análisis financiero del prototipo

INVERSIÓN INICIAL					
ACTIVO FIJO	\$462,100.00		APORTACIONES DE LOS SOCIOS		
ACTIVO DIFERIDO	\$322,743.73		FINANCIAMIENTO FONDO PERDIDO		
CAPITAL DE TRABAJO	\$82,825.00		FINANCIAMIENTO CON BANCO CON X% DE INTERÉS		
INV. INICIAL	\$867,668.72				
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD					
VAN	\$1,568,189.95				
TIR	73%				
B/C	\$1.08				
PRI	# REF				
PROYECCIÓN DE INGRESOS					
AÑO 1	\$8,235,704.45				
AÑO 2	\$9,059,274.89				
AÑO 3	\$9,965,202.38				
UTILIDAD ESTIMADA					
AÑO 1	\$210,600.24				
AÑO 2	\$665,865.16				
AÑO 3	\$1,175,142.98				
ESTIMACIÓN DE VENTAS					
AÑO 1	360				
AÑO 2	396				
AÑO 3	435.6				

INVERSIÓN INICIAL		ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	
ACTIVO FIJO	\$462,100.00	VAN	\$1,568,189.95
ACTIVO DIFERIDO	\$322,743.73	TIR	73%
CAPITAL DE TRABAJO	\$82,825.00	B/C	\$1.08
INV. INICIAL	\$867,668.72	PRI	# REF
FINANCIAMIENTOS		UTILIDAD ESTIMADA	
BANCA COMERCIAL	\$694,134.98	AÑO 1	\$210,600.24
SOCIOS	\$173,533.74	AÑO 2	\$665,865.16
		AÑO 3	\$1,175,142.98
PUNTO DE EQUILIBRIO			
AÑO 1	\$852,384.28		
AÑO 2	\$359,941.16		
AÑO 3	\$239,662.64		
PROYECCIÓN DE INGRESOS			
AÑO 1	\$8,235,704.45		
AÑO 2	\$9,059,274.89		
AÑO 3	\$9,965,202.38		

## Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio reflejan un impacto positivo significativo en la reducción de emisiones contaminantes y en la mejora de las condiciones laborales en el taller. La implementación del prototipo demostró ser una estrategia efectiva para disminuir la concentración de partículas metálicas en el aire, con una reducción del 40 %, lo que confirma su capacidad para mitigar los efectos negativos de los humos metálicos generados por el proceso de corte por plasma CNC. Este hallazgo es de gran relevancia, ya que estos contaminantes no solo afectan la salud de los operarios, sino que también tienen un impacto ambiental considerable. La dispersión de partículas de óxido de zinc y plomo en el aire puede contribuir a la contaminación del suelo y el agua a través de la deposición atmosférica, afectando a ecosistemas cercanos y generando residuos tóxicos de difícil remediación.

El análisis de las mediciones también muestra que la reducción en el volumen de emisiones de humos metálicos fue del 30 %, lo que sugiere que el prototipo no solo disminuye la concentración de partículas, sino que también optimiza la eficiencia en la captura de contaminantes antes de que se dispersen en el ambiente. Este efecto es crucial en espacios cerrados con ventilación limitada, donde la acumulación de humos tó-

xicos podría generar condiciones de riesgo para los trabajadores. De este modo, la implementación de la tina como el prototipo desarrollado no solo tiene implicaciones positivas en la salud ocupacional, sino que también contribuye a reducir la huella ambiental del taller, alineándose con normativas de seguridad industrial y regulaciones ambientales más estrictas.

Otro aspecto relevante de este estudio es el impacto que tuvo la implementación del prototipo en la percepción de los operarios sobre la calidad del aire y las condiciones de trabajo. La mayoría de los trabajadores indicaron sentirse más seguros en su entorno laboral y percibieron una notable mejora en la calidad del aire después de la instalación del prototipo. Este resultado resalta la importancia de las innovaciones tecnológicas que, además de mitigar riesgos ambientales y de salud, contribuyen al bienestar psicológico y la motivación de los empleados. Un ambiente laboral percibido como seguro y limpio fomenta una mayor productividad y reduce la incidencia de enfermedades respiratorias, lo que a su vez puede generar beneficios a largo plazo en términos de reducción de ausentismo y costos médicos para la empresa.

Además del impacto ambiental y ocupacional, la implementación del prototipo tuvo efectos positivos en la eficiencia productiva del taller, reduciendo los tiempos muertos en un 25 %. Esta mejora en el flujo de trabajo refuerza la idea de que la adopción de medidas de seguridad ambiental no solo es una obligación regulatoria, sino también una estrategia que puede mejorar la competitividad y rentabilidad de los procesos industriales. La optimización en la manipulación de piezas y la reducción de interrupciones en la producción demuestran que las innovaciones en sostenibilidad pueden integrarse de manera efectiva sin afectar la operatividad del taller.

A pesar de los resultados positivos, es importante reconocer algunas limitaciones del estudio. Si bien las mediciones realizadas confirmaron la reducción de emisiones y mejoras en la calidad del aire, sería recomendable extender el periodo de evaluación a un lapso más prolongado para analizar la estabilidad de los efectos en el tiempo. Asimismo, la implementación de sistemas complementarios de monitoreo de calidad del aire permitiría obtener datos más detallados sobre la composición exacta

de los contaminantes retenidos por el prototipo y su impacto en el entorno. También se sugiere explorar mejoras adicionales en los materiales, incorporando tecnologías más avanzadas, como filtros HEPA o sistemas de absorción de contaminantes mediante carbón activado, que podrían incrementar aún más la eficiencia en la captura de partículas nocivas.

La implementación del prototipo representa un avance en la integración de medidas de sostenibilidad en la manufactura industrial. La reducción de emisiones y la mejora en las condiciones laborales refuerzan la viabilidad de estrategias que combinen innovación tecnológica con prácticas responsables en el sector manufacturero. Además de contribuir a la seguridad y salud de los operarios, el prototipo permite reducir la contaminación generada por el proceso de corte por plasma, minimizando su impacto ambiental y promoviendo un modelo de producción más limpio y eficiente. Este estudio sienta un precedente para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos que busquen optimizar la relación entre productividad, sostenibilidad y bienestar en el entorno laboral.

## Conclusiones

- El estudio realizado en el taller “Herrajes, diseño y construcción” demuestra que el diseño e implementación de un prototipo para la máquina cortadora CNC tiene un impacto positivo significativo en términos de sostenibilidad ambiental y salud ocupacional. Este enfoque socioambiental, centrado en la reducción de emisiones de humos metálicos y la mejora en la eficiencia del flujo de trabajo, se alinea con las necesidades actuales de prácticas industriales responsables que priorizan tanto la salud de los trabajadores como la protección del medioambiente. Hablando del análisis financiero, es recomendable porque la inversión se recupera desde el primer año, ya que mejora la producción y el taller tiene mayores ingresos.
- La implementación del prototipo redujo en un 40 % la concentración de partículas metálicas en el aire del taller, lo cual disminuye la exposición de los operarios a humos tóxicos generados por el proceso de corte. Esta reducción es crucial, ya que estudios previos han relacionado la exposición prolongada a humos metálicos con enfermedades

respiratorias crónicas y condiciones como la siderosis y el pulmón del soldador. Además, las encuestas realizadas a los operarios revelaron una percepción de mayor seguridad y bienestar en el ambiente de trabajo, lo que no solo contribuye a su salud física, sino también a su satisfacción y motivación laboral. Este cambio en la percepción de los trabajadores refleja el valor de integrar mejoras tecnológicas que aborden de manera integral los riesgos ocupacionales.

- La disminución en el volumen de emisiones de humos metálicos en un 30 % tras la implementación del prototipo indica que el diseño fue eficaz en la captura y neutralización de estos contaminantes antes de que se dispersaran en el ambiente. Este logro tiene implicaciones ambientales importantes, ya que contribuye a reducir la huella ambiental del taller y a cumplir con normativas ambientales cada vez más exigentes en cuanto a la emisión de contaminantes. Además, el prototipo representa una solución sostenible y replicable que puede ser implementada en otros talleres de manufactura que enfrentan desafíos similares de emisiones contaminantes. Esta reducción en las emisiones es un paso adelante hacia una manufactura más limpia, minimizando el impacto de la industria en el medioambiente local y promoviendo un ambiente laboral menos contaminante.
- Este proyecto también demostró que la introducción de un prototipo con enfoque socioambiental puede fomentar una mayor conciencia entre los trabajadores sobre la importancia de la sostenibilidad y la seguridad en el lugar de trabajo. Las encuestas revelaron que, tras la implementación del prototipo, el conocimiento de los operarios sobre los riesgos de los humos metálicos y los beneficios de la reducción de emisiones aumentó significativamente. Este cambio de actitud no solo contribuye a una mejor cultura de seguridad y prevención dentro del taller, sino que también promueve una cultura de responsabilidad ambiental que puede tener efectos a largo plazo en la adopción de prácticas sostenibles.
- La mejora del 25 % en la eficiencia de los tiempos de producción tras la implementación del prototipo subraya que las mejoras socioambientales no deben verse como obstáculos para la productividad. Al contrario, este estudio demuestra que es posible integrar prácticas

sostenibles en el proceso productivo de una manera que mejore tanto la eficiencia como la seguridad en el taller. La reducción de tiempos muertos y la optimización del flujo de trabajo logrados con el prototipo sugieren que las innovaciones tecnológicas que atienden a aspectos socioambientales pueden también optimizar los resultados operativos, favoreciendo un modelo de producción que es a la vez rentable, seguro y responsable con el medioambiente.

- La implementación de este prototipo representa un avance hacia un modelo de manufactura más consciente y sostenible. Los beneficios obtenidos en salud ocupacional, reducción de emisiones y eficiencia productiva demuestran que es viable y necesario adoptar un enfoque socioambiental en la gestión de talleres industriales. Para futuros proyectos, se recomienda continuar evaluando y mejorando tecnologías que minimicen los impactos ambientales y promuevan el bienestar de los trabajadores. Asimismo, es aconsejable extender esta iniciativa a otros sectores de la manufactura que también puedan beneficiarse de innovaciones tecnológicas orientadas a la sostenibilidad.
- Este estudio establece un precedente en el desarrollo de prácticas industriales responsables que integran la salud, seguridad y sostenibilidad, contribuyendo así al avance hacia una industria más consciente y comprometida con el desarrollo social y la protección del medioambiente.

## Referencias

- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (2024). *Todo sobre la OSHA* (OSHA 3173-12R 2024). Departamento del Trabajo de los EE. UU. Recuperado de <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3173.pdf>
- Butrón Palacio, E. (2018). *Seguridad y salud en el trabajo*. Ediciones de la U.
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J., R., Donado Campos, J. (2015). Encuestas como técnicas de investigación: Elaboración de cuestionarios y análisis estadístico. *Aten Primaria*, 47(8), 527-540.
- Conte, J. C., Domínguez, A. I., García Felipe, A. I., Rubio, E., & Pérez Prados, A. (2017). Modelo de regresión de Cox en trabajadores expuestos a ruido y humos metálicos. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 40(1), 11-21
- Gómez Hurtado, W. C., Alberco Medina, A. (2019). *Corte Por Plasma de Control Numérico Computarizado, Para Mejorar La Calidad de Corte de Metales del I.E.S.T.P. Nueva Esperanza 2019*. Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- Hernández Malpica, S., Moreno Carbonell, C., Castellanos Ortiz, T. A., Mendoza Hernández, C., Bordado Serrano, D. (2015). Aluminosis y sus implicaciones actuales. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 40(3), 146-150.
- Hopkins T. (2017). *Los riesgos que generan los humos de soldadura sobre la salud y cómo reducirlos en el taller*. Nederman. Recuperado de <https://www.nederman.com/es-mx/knowledge-center/welding-and-cancer>
- Muñoz, X., Cruz, M. J., Freixa, A., Guardino, X., & Morell, F. (2009). Asma ocupacional causada por la soldadura de arco metálico de hierro. *Respiration*, 78(4), 455-459.
- Portal Gallardo, J. L., López Monteagudo, E., Valdés Carranza, A. (2004). Fundamentos eléctricos del corte por plasma: Una actualización. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 9(4), 60-64.
- Puello Silva, J. León Méndez, G. Gómez Marrugo, D. Muñoz Monroy, H. Blanco Herrera, H. (2018). Determinación de metales pesados

en humos metálicos presentes en ambientes informales de trabajo dedicados a la soldadura. *Revista Colombiana de Ciencia Químico-Farmacéuticas*, (47)1, 14-25.

Reséndiz Rossetti, A. Collado Ortiz M., A. Arch Tirado, E. Shkurovich Bialik P. (2012). Siderosis superficial del sistema nervioso central: Reporte de un caso y revisión de la literatura. *Revista Mexicana de Neurociencia*, (13)3, 154-159.

Rey Sacristán, F. (2016). *En busca de la eficacia del sistema de producción*. FC editorial.

Robalino Cáceres A. I., Saá Tapia, F. D. (2018). *Diseño y construcción de una máquina CNC cortadora por plasma para el corte de planchas metálicas en el taller mecánico industrial Robalino de la ciudad de Riobamba*. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero industrial]. Universidad Tecnológica Indoamérica Facultad Ingeniería y Tecnologías De La Información y La Comunicación.

Saettone, Olschewski, E. (2010). Aplicaciones de la física de plasmas en la industria contemporánea. *Ingeniería Industrial*, 35(28), 100-110.

Taboada González, P., Aguilar Virgen, Q., Armijo de Vega, C. (2016). Tecnología de plasma y residuos sólidos: Un enfoque moderno. *Ingeniería*, 35, 1-6.

