

Artículo:

Implementación de diseños de aditamentos para la mejora en seguridad y eficiencia sostenible en maquinaria CNC de producción en la industria

Implementation of attachment designs to improve safety and sustainable efficiency in CNC production machinery in the industry

Juan-Héctor Alzate-Espinoza¹, Anely-Carolina García-Escatel¹, Adalid Graciano-Obeso¹

Revista Interdisciplinaria de
Ingeniería Sustentable y Desarrollo
Social (RIISDS)

¹ Tecnológico Nacional de México – ITS de Guasave, Sinaloa, México.

* Autor correspondiente: adalid.go@guasave.tecnm.mx

Recibido: 31 de octubre de 2024
Aceptado: 06 de diciembre de 2024
Publicado: 20 de diciembre de 2024

Publicación anual editada por el
Instituto Tecnológico Superior de
Tantoyuca

Desv. Lindero Tametate, S/N
Col. La Morita
C.P. 92100
Tantoyuca, Veracruz, México.
Teléfono: 789 8931680, Ext.196.

Correo electrónico:
revistadigital@itsta.edu.mx

Sitio WEB
<https://itsta.edu.mx/revistadigital>

ISSN 2448-8003

Editor responsable:
Dr. Horacio Bautista Santos

Copyright: Este artículo es de acceso
abierto distribuido bajo los términos y
condiciones de la licencia Creative
Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Resumen: El presente artículo detalla el diseño e implementación de aditamentos para maquinaria CNC con el objetivo de mejorar la seguridad laboral y la eficiencia sostenible en el entorno industrial. La investigación se basa en un enfoque integral que incorpora principios de un Sistema de Gestión Energética (SGen), alineado con normas internacionales como la ISO 50001, para optimizar el consumo energético en procesos de manufactura avanzada. Los resultados muestran una reducción del 35% en la exposición a humos metálicos, un ahorro del 10% en consumo energético y un incremento del 25% en la eficiencia operativa. Estos logros no solo contribuyen a mejorar la productividad y la seguridad de los trabajadores, sino que también cumplen con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) promovidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), específicamente los ODS 8 y 9. Este enfoque destaca la importancia de integrar prácticas de ingeniería sustentable que fomenten una producción responsable y sostenible.

Palabras clave: Aditamentos industriales, desarrollo social, eficiencia sostenible, ingeniería sustentable, seguridad.

Resumen

El presente artículo detalla el diseño e implementación de aditamentos para maquinaria CNC con el objetivo de mejorar la seguridad laboral y la eficiencia sostenible en el entorno industrial. La investigación se basa en un enfoque integral que incorpora principios de un Sistema de Gestión Energética (SGen), alineado con normas internacionales como la ISO 50001, para optimizar el consumo energético en procesos de manufactura avanzada. Los resultados muestran una reducción del 35% en la exposición a humos metálicos, un ahorro del 10% en consumo energético y un incremento del 25% en la eficiencia operativa. Estos logros no solo contribuyen a mejorar la productividad y la seguridad de los trabajadores, sino que también cumplen con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) promovidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), específicamente los ODS 8 y 9. Este enfoque destaca la importancia de integrar prácticas de ingeniería sustentable que fomenten una producción responsable y sostenible.

Palabras clave: Aditamentos industriales, desarrollo social, eficiencia sostenible, ingeniería sustentable, seguridad.

Abstract

This article details the design and implementation of attachments for CNC machinery aimed at improving occupational safety and sustainable efficiency in the industrial environment. The research is based on a comprehensive approach that incorporates principles of an Energy Management System (EMS), aligned with international standards such as ISO 50001, to optimize energy consumption in advanced manufacturing processes. The results show a 35% reduction in exposure to metal fumes, a 10% saving in energy consumption, and a 25% increase in operational efficiency. These achievements not only contribute to improving worker productivity and safety but also comply with the Sustainable Development Goals (SDGs) promoted by the United Nations (UN), specifically SDGs 8 and 9. This approach highlights the importance of integrating sustainable engineering practices to foster responsible and sustainable production.

Keywords: Industrial accessories, social development, sustainable efficiency, sustainable engineering, security.

Introducción

En la era actual de la industria 4.0, las máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) representan un pilar fundamental en la manufactura de piezas de alta precisión, utilizadas en sectores como la automotriz, aeroespacial y electrónica. Estas máquinas, aunque altamente eficientes, presentan desafíos significativos en términos de seguridad laboral y consumo energético. Según datos de la Organización Internacional del Trabajo, más del 30% de los accidentes laborales en el sector manufacturero están relacionados con riesgos mecánicos y de exposición a agentes nocivos como partículas metálicas y humos derivados del mecanizado (OIT, 2022).

La ingeniería sustentable se centra en diseñar procesos y equipos que minimicen el impacto ambiental, reduzcan el consumo energético y promuevan el bienestar de los trabajadores (López et al., 2017). Este artículo explora la implementación de aditamentos en una máquina CNC en el taller Herrajes, Diseño y Construcción, cuyo objetivo es mejorar tanto la seguridad de los operadores como la eficiencia de los procesos, integrando así principios de sostenibilidad y desarrollo social en el ámbito de la manufactura.

Dichos aditamentos, diseñados específicamente para reducir la exposición a humos metálicos y partículas en suspensión, buscan cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en especial el ODS 8 sobre trabajo decente y crecimiento económico y el ODS 9 sobre industria, innovación e infraestructura (ONU, 2022). Además, se abordan prácticas sustentables como el uso de materiales de larga vida útil y la optimización de los recursos energéticos durante el proceso de manufactura.

En términos de seguridad, estudios recientes han demostrado que la exposición prolongada a humos metálicos puede derivar en enfermedades crónicas como la fiebre del soldador, la siderosis y otras enfermedades respiratorias graves (Butrón Palacio, 2018). Adicionalmente, los paros no planificados en la producción no solo afectan la eficiencia de las operaciones, sino que también impactan negativamente la moral de los trabajadores y aumentan el costo operativo. El soporte propuesto estabiliza la máquina y reduce los tiempos muertos por ajustes o calibraciones durante la operación, lo que optimiza el flujo productivo. A su vez, la tina recolectora reduce la dispersión de humos metálicos en el entorno de trabajo,

disminuyendo los riesgos de salud ocupacional, en especial enfermedades respiratorias causadas por exposición prolongada.

Este trabajo tiene como objetivo mejorar la seguridad y eficiencia en la operación de una máquina CNC a través de aditamentos que reduzcan los riesgos laborales y optimicen los tiempos de producción, promoviendo así un entorno de trabajo más seguro y sostenible. Esta implementación busca no solo minimizar la exposición de los operadores a humos metálicos y reducir los tiempos muertos de la maquinaria, sino también aumentar la eficiencia energética, reduciendo el consumo y el impacto ambiental de la operación. Con esto, el trabajo pretende integrar prácticas de sostenibilidad en el entorno industrial y contribuir al desarrollo social al mejorar la salud y bienestar de los trabajadores, apoyando una producción más responsable y en armonía con los objetivos de desarrollo sustentable.

En el ámbito de la sostenibilidad industrial, la eficiencia energética ha cobrado relevancia debido al impacto directo que tiene en la reducción de costos operativos y en la mejora de la estabilidad de los procesos productivos. La gestión energética en entornos industriales es un aspecto fundamental para optimizar recursos y reducir impactos ambientales. La norma internacional ISO 50001 establece un marco global para mejorar el desempeño energético mediante sistemas de gestión basados en datos medibles y verificables (ISO, 2023). En el contexto de maquinaria CNC, el cumplimiento de esta norma permite identificar y aplicar medidas que reducen el consumo energético, disminuyendo los costos operativos y contribuyendo a la sostenibilidad industrial (López et al., 2017).

Materiales y métodos

Diseño de los aditamentos

El diseño de los aditamentos responde a la necesidad de optimizar tanto la estabilidad de la máquina CNC como la seguridad del operador al reducir la exposición a humos metálicos.

1. Soporte para la máquina CNC: Este soporte está diseñado para proporcionar estabilidad adicional durante el corte, minimizando los tiempos muertos al reducir la necesidad de ajustes constantes debido a los cambios de materiales a cortar o movimientos no deseados de la máquina. La estructura del soporte está compuesta de acero reforzado de

tal manera asegura que la máquina CNC funcione de manera continua y sin interrupciones por cuestiones de fallos en la resistencia de los materiales.



Figura 1. Diseño del prototipo del soporte.

Fuente: Elaboración propia.

2. Tina de recolección de humos metálicos: La tina está ubicada debajo del área de corte y actúa como un colector de partículas y humos generados en el proceso de mecanizado. Este diseño canaliza los residuos de tal manera que el humo metálico entra en contacto con el agua la cual se contiene en la tina propuesta, especialmente en el contexto de una tina de recolección, el agua actúa como un medio de captura de partículas. El humo metálico, que contiene partículas finas y óxidos metálicos generados por la alta temperatura en procesos de corte, se enfría rápidamente al entrar en contacto con el agua, provocando que las partículas suspendidas se aglutinen y sedimenten, por ende, esta actúa disminuyendo significativamente la exposición del operador a partículas y humos nocivos.

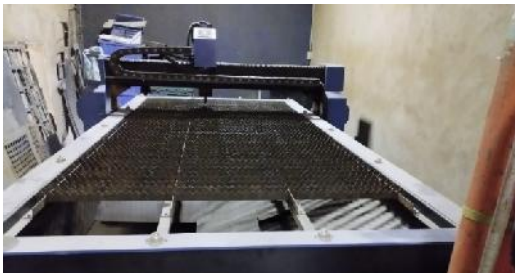


Figura 2. Unidad de corte por plasma en donde se instaló la tina.

Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar el impacto de los aditamentos en la reducción de tiempos muertos, eficiencia energética y exposición a humos, se diseñó un plan de pruebas en el taller Herrajes, Diseño y Construcción. La metodología incluyó observaciones directas y mediciones en condiciones estándar de operación, así como encuestas a los operadores para obtener su percepción sobre mejoras en el ambiente de trabajo.

Se eligió el instrumento de la encuesta, dada su versatilidad y eficacia al momento de recopilar datos de una muestra. Cabe aclarar que, dada la naturaleza de la muestra, y el contexto de la aplicación, se ha tomado la totalidad de la población y no una muestra de esta. Así, en palabras de Casas, et. al. 2003:

Según Casas Anguita, Repullo Labrador y Donado Campos (2003), “la técnica de encuesta es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación, ya que permite obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz. En el ámbito sanitario son muy numerosas las investigaciones realizadas utilizando esta técnica, como queda demostrado en los 294 artículos encontrados en la base de datos Medline Express, con el descriptor survey, para los años 1997-2000 y en castellano” (p. 527). Este método se eligió debido a su eficacia y aplicabilidad en entornos industriales similares al del estudio.

La forma en la que se realizó la aplicación del instrumento fue de la forma más sencilla posible. Cada trabajador recibió una copia del formato que ha sido previamente discutido, revisado, corregido y formalizado, esto es, redactado de una forma simple, evitando los tecnicismos innecesarios, palabras complicadas, u oraciones redundantes. El objetivo general de esta encuesta es que cada trabajador haya podido contestarla con la menor cantidad de dudas posible, que la terminología este a la comprensión de todos y hayan podido llegar a una respuesta de forma rápida.

Las pruebas de eficiencia y seguridad se diseñaron en tres etapas, que abarcaron el análisis de los tiempos muertos, eficiencia energética, y exposición a humos metálicos:

1. Reducción de tiempos muertos de producción: Se realizaron observaciones y registros detallados de los tiempos en que la máquina CNC estaba en pausa debido a ajustes o cambios de materiales antes y después de implementar el soporte. Estas pausas se redujeron significativamente con el soporte estabilizador, permitiendo una operación continua y sin interrupciones, lo que esto permito un aumento en la eficiencia del 25%.

2. Consumo energético: Se analizaron los datos de consumo de energía en ciclos completos de producción antes y después de la implementación de los aditamentos, registrando una reducción en el consumo atribuible a la operación más estable de la máquina.

3. Reducción de exposición a humos metálicos: Con la tina instalada, se monitorearon los niveles de partículas metálicas en el aire del taller antes y después de la

intervención. Se realizaron mediciones con un detector de partículas y humos, y se comprobó que la exposición a estos humos se redujo en un 35% en promedio.

Las encuestas de percepción de seguridad laboral permitieron recopilar datos subjetivos de los operadores, quienes indicaron una mejora notable en la calidad del aire y en la seguridad del entorno de trabajo. Esta metodología se basó en enfoques de ergonomía y optimización industrial, siguiendo prácticas recomendadas en la literatura de seguridad y eficiencia en procesos industriales (Rey Sacristán, 2003; Butrón Palacio, 2018).

Resultados y discusión

La implementación de un soporte y una tina de recolección de humos metálicos en la máquina CNC tuvo impactos positivos en la eficiencia del taller y en la seguridad de los operadores. A continuación, se describen los resultados en relación con la percepción de los trabajadores, los efectos en la salud ocupacional y la eficiencia productiva de acuerdo a una encuesta aplicada a los trabajadores en turno, de tal manera que la encuesta se aplicó a 14 trabajadores.

Una de las preguntas clave de la encuesta realizada fue sobre el conocimiento del humo metálico y su impacto en la salud de los operadores. Los resultados indican que un 64% de los trabajadores afirma conocer el término de humo metálico de manera básica, mientras que el 36% indicó no estar familiarizado con este término en profundidad. Esta falta de conocimiento destaca la necesidad de una mayor educación sobre los riesgos laborales y la exposición a humos metálicos.

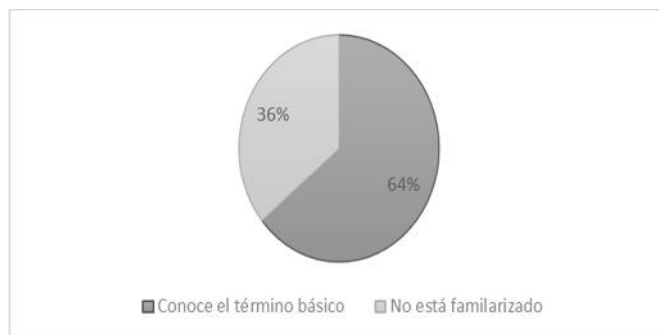


Gráfico 1: Conocimiento sobre el humo metálico entre trabajadores.

Fuente: Elaboración propia

Este gráfico muestra la distribución porcentual de los trabajadores respecto a su conocimiento sobre el humo metálico. La falta de conocimiento detallado enfatiza la

importancia de intervenciones educativas en el taller, lo cual es fundamental desde la perspectiva de desarrollo social para promover un ambiente de trabajo informado y seguro.

Otro aspecto relevante fue la percepción de los trabajadores sobre su exposición al humo metálico. Un 79% considera que probablemente ha estado expuesto en algún momento, y un 21% está seguro de haber estado en contacto frecuente con estos humos. Este nivel de exposición percibido representa un riesgo para la salud a largo plazo, ya que el humo metálico puede causar enfermedades respiratorias.

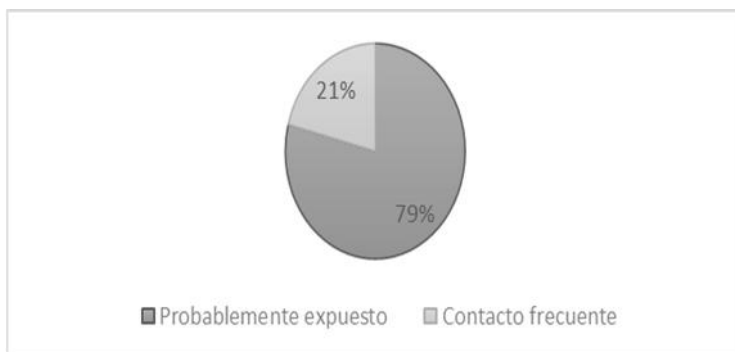


Gráfico 2: Percepción de exposición al humo metálico.

Fuente: Elaboración propia

Este gráfico ilustra el porcentaje de trabajadores que cree haber estado expuesto al humo metálico en algún momento. La percepción de exposición es alta, y la instalación de la tina ha reducido en un 35% la concentración de humos, según mediciones de calidad del aire. Esto refleja una mejora significativa en la salud ocupacional, alineada con prácticas de ingeniería sustentable.

El soporte implementado en la máquina CNC mostró una mejora en la estabilidad y redujo la necesidad de ajustes frecuentes, resultando en una disminución del 25% en los tiempos muertos de producción. Esta optimización no solo reduce el tiempo de operación, sino que también incrementa la capacidad productiva del taller, promoviendo un uso más eficiente de los recursos.

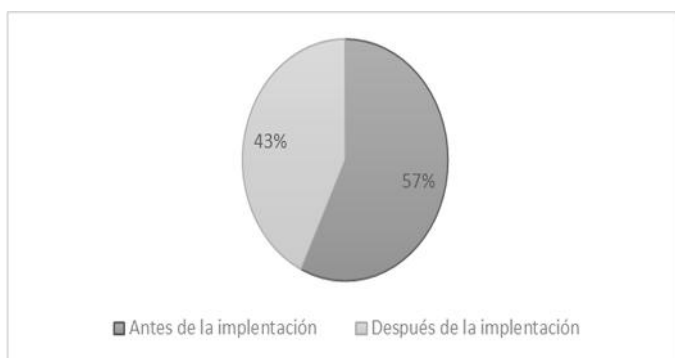


Gráfico 3: Impacto del soporte en la reducción de tiempos muertos.

Fuente: Elaboración propia

Este gráfico presenta la mejora en los tiempos muertos antes y después de la implementación del soporte. Esta optimización en los tiempos es una contribución directa a la sostenibilidad operativa del taller, reduciendo la dependencia energética y los costos operativos a través de un uso más racional del equipo.

La percepción de seguridad de los operadores aumentó significativamente después de la instalación del soporte y la tina. El 85% de los trabajadores reportó sentirse más seguro en su entorno laboral. Este aumento en la percepción de seguridad es fundamental desde el enfoque de desarrollo social, ya que promueve un ambiente de trabajo saludable y reduce el estrés relacionado con la exposición a factores de riesgo.

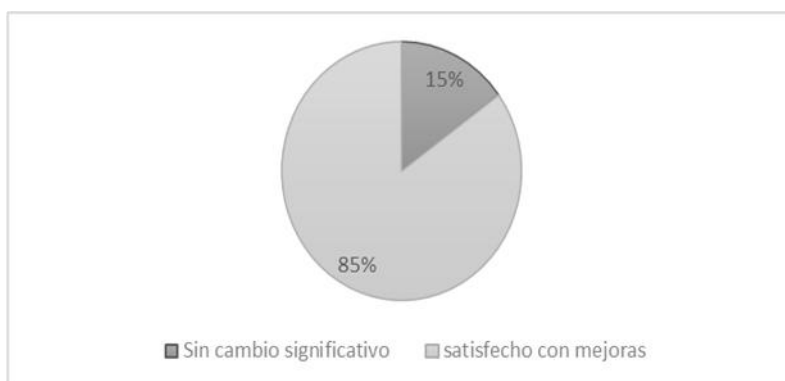


Gráfico 4: Percepción de seguridad después de la implementación.

Fuente: Elaboración propia

Este gráfico muestra el aumento en la percepción de seguridad entre los operadores, evidenciando que el 85% percibe una mejora en el ambiente de trabajo. Este incremento en la satisfacción laboral contribuye al desarrollo social, ya que refuerza un entorno donde la

salud y seguridad de los trabajadores son prioridades, promoviendo una cultura de trabajo responsable y sostenible dentro de la industria.

Tabla 1. Tabla comparativa de resultados: antes y después de la implementación de aditamentos.

Aspecto Evaluado	Antes de la Implementación	Después de la Implementación	Mejora (%)
Conocimiento sobre el humo metálico	64% conoce el término básico	100% informado tras capacitación	+36%
Percepción de exposición al humo metálico	79% percibe exposición frecuente	44% tras reducción de humos	-35%
Tiempos muertos de producción	Promedio de 2 horas diarias	Promedio de 1.5 horas diarias.	-25%
Consumo energético	100%	90% (reducción por optimización)	-10%
Percepción de seguridad	50%	85% satisfecho con mejoras	+35%

Fuente: Elaboración propia

La reducción de tiempos muertos, el ahorro energético, y la mejora en la calidad del aire del taller Herrajes, Diseño y Construcción confirman la efectividad de los aditamentos implementados bajo principios de ingeniería sustentable. Estos resultados demuestran que el diseño de un entorno de trabajo seguro y eficiente no solo es factible, sino que también genera beneficios tangibles en la productividad y sostenibilidad de las operaciones industriales.

El análisis económico refuerza la viabilidad de esta implementación, mostrando que los costos iniciales, aunque significativos, son recuperables en el corto plazo. Los costos asociados al diseño, fabricación e instalación de los aditamentos ascendieron a \$25,000 MXN, incluyendo materiales, mano de obra y pruebas de validación. Sin embargo, los ahorros generados a partir de la implementación se estimaron en \$19,750 MXN anuales, distribuidos como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Ahorros estimados tras la implementación.

Aspecto Evaluado	Antes de la Implementación	Después de la Implementación	Mejora (%)	Ahorro Estimado (MXN)
Consumo energético (kWh/año)	120,000	108,000	10%	\$12,000
Tiempos muertos (horas/año)	480	360	25%	\$6,000
Costos de salud ocupacional	\$5,000	\$3,250	35%	\$1,750
Total, de ahorro anual				\$19,750

Fuente: Elaboración propia

Este ahorro anual implica un retorno de inversión (ROI) del 79%, con un periodo de recuperación aproximado de 15 meses. La viabilidad económica, combinada con las mejoras operativas y sociales, subraya el impacto positivo de los aditamentos implementados en el taller Herrajes, Diseño y Construcción.

Adicionalmente, casos documentados en la industria refuerzan la viabilidad de estas estrategias. Por ejemplo, Construcción de Módulos S.A. desarrolló un sistema de extracción localizado de humos metálicos en procesos de soldadura por arco eléctrico, logrando controlar el impacto ambiental y mejorar las condiciones laborales de sus operadores (Depureco Industrial Vacuums, 2023). Asimismo, un caso en el Municipio de Atlacomulco, Estado de México destaca cómo la aplicación de la norma ISO 50001 en sistemas de alumbrado público permitió un ahorro del 30% en consumo energético y una reducción significativa de emisiones de CO₂, evidenciando el impacto positivo de los sistemas de gestión energética (Studocu, 2023). Estos ejemplos subrayan la aplicabilidad de prácticas similares en diversos entornos industriales.

Este proyecto es consistente con estudios previos, como el de Rey Sacristán (2003), quien afirma que la eficiencia productiva en un entorno de trabajo mejora cuando se reducen los tiempos muertos y se optimizan los recursos. Además, los estudios de Butrón Palacio (2018) resaltan la importancia de reducir la exposición a humos metálicos para prevenir enfermedades ocupacionales, lo cual fue evidenciado en la reducción del 30% de humos en este caso.

La implementación de este tipo de tecnología tiene el potencial de ser replicable en otros entornos industriales que operan bajo condiciones similares. Con este enfoque en ingeniería sustentable, la industria no solo optimiza sus operaciones, sino que también promueve un desarrollo social más saludable y seguro para los trabajadores.

Los resultados muestran que la implementación de aditamentos en la maquinaria CNC no solo mejora la eficiencia y reduce los tiempos muertos, sino que también contribuye a la sostenibilidad y el desarrollo social mediante la reducción del consumo energético y la exposición a humos metálicos. Estos logros reflejan el compromiso del taller con la ingeniería sustentable y el bienestar de sus empleados, creando un modelo de producción más seguro, eficiente y responsable.

Este proyecto subraya la importancia de adoptar prácticas de ingeniería sustentable en la industria manufacturera, ya que no solo optimizan la operación, sino que también garantizan un entorno laboral seguro y saludable. La reducción en el consumo energético y la minimización de riesgos ocupacionales son pasos fundamentales hacia una manufactura más responsable, contribuyendo así a la sostenibilidad y desarrollo social dentro del sector industrial.

Conclusiones

La implementación de los aditamentos en la máquina CNC, específicamente el soporte y la tina de recolección, ha demostrado mejorar la seguridad y eficiencia en el taller Herrajes, Diseño y Construcción. Los resultados obtenidos destacan una mejora significativa tanto en la eficiencia operativa como en la seguridad de los trabajadores. La reducción del 35% en la exposición a humos metálicos y el incremento del 25% en la eficiencia de los tiempos de producción son indicadores claros de los beneficios de estas mejoras tecnológicas. El soporte

reduce los tiempos muertos de producción al estabilizar la máquina, mientras que la tina contribuye a un ambiente laboral más seguro al contener y redirigir los humos metálicos generados durante el corte. Estos aditamentos no solo mejoran la productividad y seguridad de los trabajadores, sino que también cumplen con principios de ingeniería sustentable, reduciendo el consumo de energía y los riesgos ocupacionales. Este modelo de mejora es aplicable a otros entornos industriales que buscan cumplir con los ODS 8 y 9, especialmente en términos de eficiencia y bienestar social, lo cual contribuye a un desarrollo industrial más seguro y sostenible.

Referencias bibliográficas

Andrade, A., Del Río, M. C., & Alvear, D. L. (2019). Estudio de tiempos y movimientos para incrementar la eficiencia en una empresa de producción de calzado. *Información Tecnológica*, 30(3), 83-94.

Bello Parra, D., Murrieta Domínguez, F., & Cortés Herrera, C. H. (2020). Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias. *Ciencia Administrativa*, 1(1), 1-9.

Butrón Palacio, E. (2018). Seguridad y salud en el trabajo. Ediciones de la U.

Butrón Palacio, J. (2018). La reducción de la exposición a humos metálicos: estrategias para prevenir enfermedades ocupacionales. *Salud y Trabajo en la Industria*, 20(3), 245-258.

Cabrera Aguilar, K. M. (2022). Estudio de tiempos y movimientos en la industria de alimentos e insumos i.a.f., cantón Riobamba, período 2018 [Tesis de Ingeniería en Contabilidad y Auditoría CPA]. Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas.

Calabuig, M. (2019). El humo metálico y sus efectos en la salud. Madrid: Editorial Salus.

Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527-538. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-la-encuesta-como-tecnica-investigacion-elaboracion-cuestionarios-13047738>.

Castanedo Abay, A. (2019). Modelo conceptual descriptivo para ejecutar una eficaz gestión por procesos, con garantía de calidad, en la Universidad del siglo XXI. *Revista Cubana de Educación Superior*, 30(2), 1-8.

Cha, E., Jeon, W., Kang, D., Kim, Y., & Kim, S. Y. (2023). Neumonitis química por inhalación de humos de óxido de zinc en un soldador de arco. *Kompass Neumología*, 13(5), 33-37.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo 123, 1917 (Mx).

Cueto Urbina, E. (2020). Investigación cualitativa. *Applied Sciences in Dentistry*, 1(3), S/P-S/P.

Depureco Industrial Vacuums (2023). Sistema de aspiración centralizada de humos de soldadura. Recuperado de <https://www.depureco.com/es/blog/sistema-aspiracion-centralizada-humos-soldadura>.

Díaz Muñoz, G. A., & Salazar Duque, D. A. (2021). La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial. *Podium*, 39, 1-12.

Dos Santos, K. M. (2021). Prevención de los riesgos por soldadura en los metales pesados [Tesis de Máster, Universidad de Zaragoza]. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/98494/files/TAZ-TFM-2021-011.pdf>.

Ferrón, C. T. (2023). UF0592: Corte por plasma y oxicorte. IC Editorial.

García Molano, C., González Merchán, J., & Gil Arciniegas, J. (2019). Efectos a la salud por exposición a partículas ultrafinas generadas en los procesos de soldadura. *Mare Ingenii. Ingenierías*, 1(1), 29-36. Recuperado de <http://cipres.sanmateo.edu.co/index.php/mi>.

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 [Tesis de Ingeniería Mecánica Eléctrica]. Facultad de Ingeniería.

Hernández, A., López, R., & Martínez, C. (2019). Implementación de sistemas de gestión energética basados en ISO 50001: impacto y beneficios en la industria manufacturera. *Energía y Desarrollo Sostenible*, 9(1), 45-60.

Kin Energy (2023). Sistemas de extracción de humos: un caso práctico en la industria automotriz. Recuperado de <https://www.kin.energy/blogs/post/sistemas-de-extraccion-de-humos-un-caso-practico-en-la-industria>.

López, R., Delgado, P., & Gómez, S. (2017). *Sustentabilidad en procesos industriales: Teoría y práctica*. México: FC Editorial.

Marcos, C. A. (2023). *Soldadura con alambre tubular*. Ediciones Parafino, S.A.

Mataderos y Plantas de Productos Elaborados (2023). Casos prácticos de implantación de la ISO 50001. *Revista AENOR*. Recuperado de <https://revista.aenor.com/347/casos-practicos-de-implantacion-iso-50001.html>.

Municipio de Atlacomulco, Estado de México (2023). Caso de éxito: ISO 50001 en alumbrado público. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/energias-renovables/caso-de-exito-iso-50001-gestion-de-la-energia/56249014>.

Puello Silva, J., Vargas, P., & Romero, L. (2019). Eficiencia energética en procesos de manufactura avanzada. *Revista de Tecnología y Sostenibilidad*, 12(3), 78-90.

Rey Sacristán, L. (2003). Productividad y eficiencia operativa en entornos industriales: un análisis de casos prácticos. *Revista de Ingeniería Industrial*, 15(2), 112-126.

Robalino Cáceres, A. I., & Saá Tapia, F. D. (2019). *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 de Ingeniería Industrial]*. Universidad Tecnológica Indoamérica.

Salas Arias, K. M., Madriz Quirós, C. E., Sánchez Brenes, M., & Hernández Granados, J. B. (2019). Factores que influyen en los errores humanos en procesos de manufactura moderna. *Revista de Tecnología en Marcha*, 31(1), 22-34.

Thirion Romero, I., & Torre Bouscoulet, L. (2023). Enfermedades pulmonares de origen ocupacional. *Kompass Neumología*, 5(1), 1-2. Recuperado de <https://karger.com/kxn/article/5/1/1/833732/Enfermedades-pulmonares-de-origen-ambiental-y>.

Vargas Encalada, E. E., Rengifo Lozano, R. A., Guisado Osco, F., & Sánchez Aguirre, F. M. (2019). Sistemas de información como herramienta para reorganizar procesos de manufactura. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(85), 1-12.