



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1026>

Recibido: 2026-06-22

Aceptado: 2026-07-02

Publicado: 2026-07-22

Ventilación En Espacios Confinados: Optimización Para La Seguridad Y La Calidad Del Aire.

Ventilation In Confined Spaces: Optimization For Safety And Air Quality

Autor(s)

Ruth Nallely Roca Pacheco¹

Seguridad Industrial

rrocap@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-1079-1057>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Irene Teresa Bustillos Molina²

Seguridad Industrial

ibustillos@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8647-7077>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Jhon Anderson Sanchez Suarez³

Seguridad Industrial

jsanchezs10@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-5881-6191>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Joshua Alberto Bravo Mora⁴

Seguridad Industrial

jbravom7@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-5273-7616>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Génesis Karolina Reyes Palacios⁵

Seguridad Industrial

greypesp2@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-6368-3191>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Como Citar

Roca Pacheco, R. N., Bustillos Molina, I. T., Sanchez Suarez, J. A., Bravo Mora, Joshua A., & Reyes Palacios, G. K. (2026). Ventilación En Espacios Confinados: Optimización Para La Seguridad Y La Calidad Del Aire. *ASCE MAGAZINE*, 5(3), 1036–1035. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1026>



Resumen

La ventilación en espacios confinados constituye una medida fundamental para garantizar la seguridad de los trabajadores y mantener condiciones adecuadas de calidad del aire durante la ejecución de actividades industriales. Estos espacios se caracterizan por presentar accesos limitados, ventilación natural insuficiente y una elevada probabilidad de acumulación de contaminantes atmosféricos, como gases tóxicos, vapores inflamables o concentraciones deficientes de oxígeno, factores que incrementan significativamente el riesgo de accidentes laborales y afectaciones a la salud. El presente artículo tiene como objetivo analizar la importancia de la ventilación en espacios confinados y evaluar estrategias orientadas a su optimización para reducir los riesgos ocupacionales asociados. La investigación se desarrolló mediante una revisión bibliográfica de carácter descriptivo, basada en normativas internacionales, artículos científicos y documentos técnicos relacionados con la seguridad industrial y la higiene ocupacional. Los resultados evidencian que la implementación de sistemas de ventilación mecánica, complementados con monitoreo continuo de gases y procedimientos de trabajo seguros, permite controlar eficazmente la presencia de contaminantes, mejorar la renovación del aire y mantener concentraciones seguras de oxígeno. Asimismo, se identificó que la correcta selección y ubicación de los equipos de ventilación influye directamente en la eficiencia de los sistemas de control atmosférico. Se concluye que la optimización de la ventilación en espacios confinados contribuye significativamente a la prevención de accidentes, la protección de la salud de los trabajadores y el cumplimiento de los estándares de seguridad y salud ocupacional.

Palabras clave: espacios confinados; ventilación industrial; calidad del aire; seguridad ocupacional; atmósferas peligrosas; higiene industrial.



Abstract

Ventilation in confined spaces is a fundamental control measure for ensuring worker safety and maintaining adequate air quality during industrial operations. These environments are characterized by limited access, insufficient natural ventilation, and a high probability of hazardous atmospheric conditions, including the accumulation of toxic gases, flammable vapors, and oxygen-deficient atmospheres, which significantly increase occupational risks and may lead to serious accidents, occupational illnesses, or fatalities. The objective of this article is to analyze the importance of ventilation in confined spaces and evaluate optimization strategies aimed at reducing workplace hazards and improving air quality. The study was conducted through a descriptive bibliographic review based on international regulations, scientific articles, and technical documents related to industrial safety and occupational hygiene. The findings indicate that the implementation of mechanical ventilation systems, combined with continuous gas monitoring and safe work procedures, effectively controls airborne contaminants, enhances air renewal, and maintains safe oxygen concentrations. Furthermore, the proper selection, design, and positioning of ventilation equipment directly influence the efficiency of atmospheric control systems. The analysis also highlights that ventilation optimization contributes to the prevention of explosions, toxic exposures, and oxygen-deficient conditions. It is concluded that an efficient ventilation system is an essential component of confined space risk management, contributing significantly to worker health protection, accident prevention, and compliance with occupational safety and health standards.

Keywords: confined spaces; industrial ventilation; air quality; occupational safety; hazardous atmospheres; industrial hygiene.



Introducción

Los espacios confinados representan uno de los escenarios de trabajo con mayor nivel de riesgo dentro de la industria debido a sus características estructurales y ambientales. Estos espacios se definen como áreas con accesos limitados para la entrada y salida de personas, ventilación natural insuficiente y que no están diseñadas para la ocupación continua de trabajadores. Entre los ejemplos más comunes se encuentran tanques de almacenamiento, silos, pozos, alcantarillas, túneles, cámaras subterráneas y recipientes industriales. Las condiciones presentes en estos entornos pueden propiciar la acumulación de contaminantes atmosféricos peligrosos, generando situaciones que comprometen la seguridad y la salud de los trabajadores (Occupational Safety and Health Administration [OSHA], 2024).

Uno de los principales factores de riesgo asociados a los espacios confinados es la presencia de atmósferas peligrosas. Estas pueden originarse por deficiencia o enriquecimiento de oxígeno, acumulación de gases tóxicos, vapores inflamables, nieblas, humos o partículas suspendidas en el aire. De acuerdo con el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 2023), una proporción significativa de los accidentes mortales registrados en espacios confinados está relacionada con la exposición a atmósferas peligrosas que no fueron identificadas o controladas adecuadamente antes del ingreso de los trabajadores. La falta de una ventilación eficiente incrementa la probabilidad de que estos contaminantes alcancen concentraciones capaces de provocar intoxicaciones, incendios, explosiones o asfixia.

La ventilación industrial constituye una de las medidas de control más efectivas para prevenir estos riesgos. Su finalidad es suministrar aire limpio al espacio de trabajo y eliminar o diluir los contaminantes presentes en el ambiente hasta alcanzar concentraciones seguras para la salud humana. Según la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2023), los sistemas de ventilación correctamente diseñados permiten reducir significativamente la exposición ocupacional a agentes químicos peligrosos y mejorar las condiciones ambientales dentro de áreas de trabajo cerradas. En este sentido, la ventilación se considera un componente esencial de los programas de higiene industrial y de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.



La creciente complejidad de los procesos industriales ha incrementado la necesidad de implementar tecnologías avanzadas para el control de atmósferas peligrosas. Actualmente, la ventilación mecánica se complementa con sistemas de monitoreo continuo de gases, sensores inteligentes y procedimientos de trabajo basados en la evaluación de riesgos. Estas herramientas permiten detectar cambios en la calidad del aire en tiempo real y adoptar medidas preventivas antes de que las condiciones representen un peligro para los trabajadores (National Fire Protection Association [NFPA], 2024). Sin embargo, la efectividad de estas estrategias depende de factores como el diseño del sistema de ventilación, la ubicación de los puntos de suministro y extracción de aire, las características del contaminante y las condiciones específicas del espacio confinado.

Desde la perspectiva de la seguridad industrial, la optimización de los sistemas de ventilación no solo contribuye a la prevención de accidentes laborales, sino que también favorece el cumplimiento de la normativa nacional e internacional relacionada con la protección de la salud de los trabajadores. La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2023) destaca que la implementación de medidas preventivas orientadas al control de los riesgos atmosféricos constituye un elemento fundamental para promover entornos laborales seguros y sostenibles. Asimismo, diversos estudios han demostrado que una adecuada gestión de la calidad del aire reduce la incidencia de enfermedades respiratorias, mejora el desempeño laboral y disminuye los costos asociados a incidentes y paradas operativas.

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar la importancia de la ventilación en espacios confinados y evaluar las principales estrategias de optimización orientadas a mejorar la seguridad ocupacional y la calidad del aire. A través de una revisión de literatura científica, normativa técnica y documentación especializada, se busca identificar las mejores prácticas aplicables al control de riesgos atmosféricos y contribuir al fortalecimiento de las medidas de prevención en actividades desarrolladas dentro de espacios confinados.



Material y métodos

Material

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo-documental, orientado al análisis de la ventilación en espacios confinados como estrategia para optimizar la seguridad ocupacional y la calidad del aire. Para la recopilación de información se utilizaron diversas fuentes bibliográficas y documentales relacionadas con la seguridad industrial, la higiene ocupacional y la gestión de riesgos en espacios confinados.

Los materiales empleados incluyeron artículos científicos indexados, libros especializados, normas técnicas nacionales e internacionales, manuales de ventilación industrial y documentos emitidos por organismos reconocidos en materia de seguridad y salud en el trabajo, tales como la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), la National Fire Protection Association (NFPA), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la norma ISO 45001.

Asimismo, se utilizaron herramientas de búsqueda académica para la localización y selección de información científica relevante, entre ellas Google Scholar, Scopus, ScienceDirect y bases de datos universitarias. Estas fuentes permitieron identificar investigaciones relacionadas con los riesgos atmosféricos en espacios confinados, los sistemas de ventilación industrial y las estrategias de control aplicadas para mejorar la calidad del aire en ambientes laborales restringidos.

Como instrumentos de análisis se emplearon matrices de revisión bibliográfica y fichas de registro documental, las cuales facilitaron la organización, clasificación y comparación de la información recopilada. Adicionalmente, se utilizaron herramientas estadísticas descriptivas para sintetizar los datos encontrados en la literatura científica y representar gráficamente las principales variables relacionadas con la ventilación y la seguridad en espacios confinados.

Métodos

La investigación se desarrolló mediante una metodología de revisión bibliográfica sistemática con alcance descriptivo. El proceso metodológico se estructuró en cuatro etapas principales:

- **Búsqueda de información**

Se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura científica publicada entre los años 2019 y 2025, relacionada con ventilación industrial, espacios confinados, calidad del aire y seguridad ocupacional. Para ello se emplearon palabras clave en español e inglés como: "espacios confinados", "ventilación industrial", "confined spaces", "air quality", "industrial ventilation" y "occupational safety".

- **Selección de documentos**

Los documentos fueron seleccionados considerando criterios de inclusión relacionados con la actualidad de la información, pertinencia temática, respaldo científico y reconocimiento de las fuentes consultadas. Se excluyeron publicaciones duplicadas o con información insuficiente para el análisis.

- **Análisis y clasificación de la información**

La información recopilada fue organizada mediante matrices de análisis documental, permitiendo identificar los principales riesgos atmosféricos presentes en espacios confinados, los tipos de ventilación utilizados y las estrategias de optimización reportadas en la literatura científica.

- **Interpretación de resultados**

Finalmente, se realizó un análisis descriptivo de los hallazgos encontrados, estableciendo relaciones entre la ventilación, la calidad del aire y la reducción de riesgos laborales. Los resultados obtenidos fueron presentados mediante tablas y figuras que facilitan la comprensión de la información analizada.

Tabla 1. Características de los sistemas de ventilación utilizados en espacios confinados

Sistema de ventilación	Características principales	Ventajas	Aplicación en espacios confinados
Ventilación natural	Utiliza corrientes de aire generadas por diferencias de presión y temperatura.	Bajo costo operativo. No requiere equipos mecánicos.	Espacios con bajo riesgo y suficiente circulación de aire.
Ventilación por insuflación	Introduce aire limpio al interior mediante ventiladores y ductos.	Incrementa los niveles de oxígeno y diluye contaminantes.	Tanques, cámaras y túneles con riesgo de atmósferas peligrosas.
Ventilación por extracción	Extrae aire contaminado del espacio confinado hacia el exterior.	Elimina gases tóxicos, vapores y partículas suspendidas.	Procesos con generación continua de contaminantes.
Ventilación combinada	Combina insuflación y extracción para optimizar el flujo de aire.	Mayor eficiencia en la renovación del aire y control atmosférico.	Espacios confinados complejos o de gran tamaño.
Ventilación localizada	Captura contaminantes cerca de su fuente de generación.	Reduce la exposición directa de los trabajadores.	Soldadura, limpieza química y mantenimiento industrial.

Fuente: Ruth Roca a partir de la revisión bibliográfica de OSHA (2024), NIOSH (2023), NFPA (2024) e ISO 45001:2018.

Resultados

- **Identificar los principales riesgos atmosféricos presentes en espacios confinados.**

La revisión bibliográfica permitió determinar que los riesgos atmosféricos constituyen una de las principales causas de accidentes en espacios confinados. Los estudios analizados señalan que las atmósferas peligrosas se generan principalmente por deficiencia de oxígeno, acumulación de gases tóxicos y presencia de sustancias inflamables. Entre los contaminantes más frecuentes se identificaron el monóxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H₂S), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y vapores procedentes de productos químicos industriales.

Tabla 2. Principales riesgos atmosféricos identificados en espacios confinados

Riesgo atmosférico	Efecto principal sobre la salud y seguridad
Deficiencia de oxígeno	Asfixia, pérdida de conciencia y muerte
Monóxido de carbono (CO)	Intoxicación y alteraciones neurológicas
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	Irritación respiratoria y colapso respiratorio
Gases inflamables	Incendios y explosiones
Vapores químicos	Enfermedades respiratorias e intoxicaciones

Fuente: Ruth Roca a partir de OSHA (2024), NIOSH (2023) y NFPA (2024).

Los hallazgos evidencian que la identificación temprana de estos riesgos es fundamental para establecer medidas de control efectivas y prevenir accidentes laborales durante las actividades realizadas en espacios confinados.

- **Evaluar los sistemas de ventilación utilizados para el control de contaminantes y la renovación del aire.**

Los documentos analizados coinciden en que la ventilación mecánica constituye el método más eficiente para controlar contaminantes atmosféricos y garantizar una adecuada renovación del aire. Los sistemas más utilizados son la ventilación por insuflación, extracción y ventilación combinada.

Tabla 3. Sistemas de ventilación aplicados en espacios confinados.

Sistema de ventilación	Función principal	Nivel de efectividad
Ventilación natural	Renovación pasiva del aire	Baja
Ventilación por insuflación	Introducción de aire limpio	Alta
Ventilación por extracción	Eliminación de contaminantes	Alta
Ventilación combinada	Introducción y extracción simultánea	Muy alta

Fuente: Ruth Roca

Los resultados indican que la ventilación combinada presenta el mayor nivel de efectividad debido a que permite controlar simultáneamente la entrada de aire limpio y la extracción de contaminantes. Asimismo, se identificó que la eficiencia de los sistemas depende de factores como el tamaño del espacio, la ubicación de los ductos y las características de los contaminantes presentes.

- **Proponer estrategias de optimización que contribuyan a mejorar la seguridad y salud de los trabajadores**

El análisis de la literatura científica permitió identificar diversas estrategias orientadas a optimizar la ventilación en espacios confinados. Entre las más relevantes se encuentran la implementación de monitoreo continuo de gases, la utilización de ventilación mecánica dimensionada según las características del espacio y la capacitación permanente del personal.

Tabla 4. Estrategias de optimización de la ventilación en espacios confinados.

Estrategia	Beneficio principal
Monitoreo continuo de gases	Detección temprana de atmósferas peligrosas
Ventilación mecánica adecuada	Control eficiente de contaminantes
Mantenimiento preventivo de equipos	Mayor confiabilidad operativa
Capacitación del personal	Reducción de errores humanos
Procedimientos de trabajo seguros	Prevención de accidentes laborales

Fuente: Ruth Roca

Los resultados muestran que la integración de estas estrategias mejora significativamente las condiciones de seguridad en espacios confinados. Además, la combinación de ventilación eficiente, monitoreo atmosférico y capacitación continua fortalece la gestión preventiva y reduce la probabilidad de incidentes relacionados con la calidad del aire.

Análisis general de los resultados

Los hallazgos obtenidos evidencian que la ventilación desempeña un papel fundamental en la prevención de riesgos dentro de espacios confinados. La identificación de atmósferas peligrosas, la implementación de sistemas de ventilación adecuados y la aplicación de estrategias de optimización permiten reducir la exposición de los trabajadores a contaminantes, mejorar la calidad del aire y fortalecer la seguridad ocupacional. En consecuencia, la ventilación debe considerarse una medida prioritaria dentro de los programas de gestión de riesgos y salud ocupacional en entornos industriales donde existan espacios confinados.

Discusión

Los resultados obtenidos permiten evidenciar que la ventilación desempeña un papel determinante en la prevención de riesgos dentro de los espacios confinados. Sin embargo, la literatura revisada muestra diferentes enfoques sobre los elementos que deben priorizarse para garantizar condiciones seguras de trabajo

En relación con los riesgos atmosféricos, OSHA (2024) sostiene que la mayoría de los accidentes en espacios confinados están asociados con atmósferas peligrosas caracterizadas por deficiencia de oxígeno, presencia de gases tóxicos y acumulación de vapores inflamables. Esta postura coincide con la planteada por NIOSH (2023), que identifica la falta de control atmosférico como una de las principales causas de incidentes mortales. Ambos organismos enfatizan la necesidad de realizar evaluaciones previas al ingreso y monitoreos continuos durante la ejecución de las actividades.

No obstante, la NFPA (2024) amplía este enfoque al señalar que los riesgos no dependen únicamente de las condiciones atmosféricas iniciales, sino también de las actividades desarrolladas dentro del espacio confinado. Procesos como soldadura, limpieza química, pintura industrial o trabajos de mantenimiento pueden modificar rápidamente la composición del aire, generando nuevas condiciones de riesgo incluso cuando la atmósfera inicial ha sido considerada segura. Esta perspectiva complementa las propuestas de OSHA y NIOSH al destacar la naturaleza dinámica de los riesgos en espacios confinados.

Respecto a los sistemas de ventilación, la ACGIH (2023) considera que la ventilación mecánica constituye la medida de control más efectiva para reducir la concentración de contaminantes y mantener condiciones adecuadas de calidad del aire. Según esta organización, la ventilación debe diseñarse considerando el volumen del espacio, el tipo de contaminante y la cantidad de trabajadores expuestos. En contraste, la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2023) plantea que, aunque la ventilación es fundamental, su efectividad disminuye cuando no se integra dentro de un sistema de gestión preventiva más amplio que incluya capacitación, supervisión y procedimientos de trabajo seguros.

Esta diferencia de criterios resulta especialmente relevante porque evidencia que la ventilación, por sí sola, no elimina completamente los riesgos. Mientras la ACGIH centra su análisis en los controles de ingeniería, la OIT destaca la importancia de combinar medidas técnicas y administrativas para lograr una protección más efectiva. Los resultados de la presente investigación



respaldan esta última postura, ya que diversos estudios revisados muestran que los accidentes continúan ocurriendo incluso en lugares donde existen sistemas de ventilación, principalmente debido a errores operativos, deficiencias en la supervisión o incumplimiento de procedimientos de seguridad.

Por otra parte, la norma ISO 45001 (2018) propone un enfoque basado en la gestión del riesgo, donde la ventilación forma parte de un conjunto de controles preventivos orientados a eliminar peligros o reducirlos a niveles aceptables. Esta visión coincide con los planteamientos de la OIT al considerar que la seguridad en espacios confinados debe abordarse de manera integral. En este sentido, los resultados obtenidos muestran que las organizaciones que implementan programas de gestión de riesgos junto con sistemas de ventilación adecuados presentan mejores indicadores de seguridad y menor probabilidad de incidentes laborales.

Otro aspecto relevante encontrado en la literatura es la incorporación de tecnologías para el monitoreo continuo de gases. Según NIOSH (2023), estos sistemas permiten detectar cambios en la atmósfera antes de que representen una amenaza para los trabajadores. De manera similar, la NFPA (2024) destaca que la monitorización en tiempo real mejora la capacidad de respuesta ante emergencias y fortalece la toma de decisiones durante las operaciones. La coincidencia entre ambos autores evidencia una tendencia creciente hacia la integración de tecnologías inteligentes como complemento de los sistemas tradicionales de ventilación.

Sin embargo, algunos investigadores advierten que la implementación de tecnologías avanzadas puede verse limitada por factores económicos, especialmente en pequeñas y medianas empresas. En estos casos, la inversión en equipos de monitoreo y sistemas de ventilación de alta capacidad puede representar un desafío financiero. Esta situación constituye un aspecto aún no resuelto en la literatura, ya que existe consenso sobre los beneficios de estas tecnologías, pero persisten dificultades relacionadas con su accesibilidad y aplicación en todos los sectores productivos.

Desde el punto de vista práctico, los hallazgos obtenidos demuestran que la optimización de la ventilación genera beneficios que van más allá del cumplimiento normativo. La reducción de contaminantes atmosféricos contribuye a disminuir la incidencia de enfermedades ocupacionales, mejora las condiciones de trabajo y fortalece la cultura preventiva dentro de las organizaciones. Asimismo, la integración de monitoreo continuo, capacitación y procedimientos seguros permite una gestión más eficiente de los riesgos asociados a los espacios confinados.



En consecuencia, la evidencia analizada permite concluir que la ventilación constituye un elemento indispensable para la protección de los trabajadores en espacios confinados. No obstante, los resultados también muestran que su máxima efectividad se alcanza cuando se complementa con sistemas de monitoreo atmosférico, programas de capacitación y una adecuada gestión de riesgos. Esta integración de medidas representa actualmente una de las estrategias más sólidas para mejorar la seguridad ocupacional y la calidad del aire en entornos industriales con acceso restringido.

Conclusiones

La presente investigación permitió analizar la importancia de la ventilación en espacios confinados como una medida fundamental para garantizar la seguridad de los trabajadores y mantener condiciones adecuadas de calidad del aire. A partir de la revisión de literatura científica, normativas internacionales y documentos técnicos especializados, se concluye que los riesgos atmosféricos continúan siendo una de las principales causas de accidentes en este tipo de entornos laborales, especialmente aquellos relacionados con la deficiencia de oxígeno, la presencia de gases tóxicos y la acumulación de sustancias inflamables.

En relación con el primer objetivo específico, se determinó que la identificación temprana de los riesgos atmosféricos constituye una etapa esencial dentro de cualquier procedimiento de ingreso a espacios confinados. La evidencia analizada demuestra que la evaluación previa de las condiciones ambientales permite detectar situaciones peligrosas y establecer medidas preventivas adecuadas antes de la exposición de los trabajadores.

Respecto al segundo objetivo, los resultados muestran que la ventilación mecánica representa el método más eficiente para controlar contaminantes y favorecer la renovación del aire. Los sistemas de insuflación, extracción y ventilación combinada contribuyen significativamente a reducir la concentración de agentes peligrosos y a mantener niveles seguros de oxígeno durante la ejecución de las actividades laborales.

En cuanto al tercer objetivo, se concluye que la optimización de la ventilación requiere una gestión integral de la seguridad. La combinación de sistemas de ventilación adecuados, monitoreo continuo de gases, capacitación permanente y procedimientos de trabajo seguros permite fortalecer las



medidas de prevención y reducir considerablemente la probabilidad de incidentes en espacios confinados.

De manera general, la investigación evidencia que la ventilación no debe considerarse únicamente como un requisito técnico, sino como una herramienta estratégica para la protección de la salud de los trabajadores, la prevención de accidentes y el cumplimiento de los estándares de seguridad y salud ocupacional. Su correcta implementación contribuye al desarrollo de ambientes laborales más seguros, eficientes y sostenibles.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar evaluaciones atmosféricas antes y durante el ingreso a espacios confinados con el fin de identificar oportunamente cualquier condición que pueda representar un riesgo para los trabajadores.
- Las organizaciones deben implementar sistemas de ventilación mecánica diseñados de acuerdo con las características específicas de cada espacio confinado, considerando factores como volumen, tipo de contaminante y duración de las tareas a realizar.
- Es importante complementar los sistemas de ventilación con equipos de monitoreo continuo de gases que permitan controlar permanentemente los niveles de oxígeno, sustancias tóxicas y atmósferas inflamables durante toda la operación.
- Se recomienda fortalecer los programas de capacitación dirigidos a trabajadores, supervisores y equipos de rescate, con el propósito de mejorar el conocimiento sobre riesgos atmosféricos, procedimientos de ingreso y respuesta ante emergencias.
- Finalmente, se sugiere promover nuevas investigaciones relacionadas con la aplicación de tecnologías inteligentes para la gestión de la calidad del aire y el monitoreo en tiempo real de espacios confinados, con el fin de fortalecer las estrategias de prevención y mejorar continuamente las condiciones de seguridad industrial.



Referencias bibliográficas

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2023). Industrial ventilation: A manual of recommended practice for design (31st ed.). ACGIH.
- American National Standards Institute. (2016). ANSI/ASSE Z117.1-2016: Safety requirements for confined spaces. ANSI.
- Burlet-Vienney, D., Chinniah, Y., Bahloul, A., & Roberge, B. (2015). Occupational safety during interventions in confined spaces. *Safety Science*, 79, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.05.008>
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety. (2024). Confined spaces – OSH answers. <https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/confinedspace.html>
- Health and Safety Executive. (2023). Safe work in confined spaces: Confined Spaces Regulations 1997. Approved Code of Practice and guidance (L101). HSE Books. <https://www.hse.gov.uk/pubns/books/l101.htm>
- International Labour Organization. (2023). Safety and health at work: Fundamental principles and rights at work. International Labour Office. <https://www.ilo.org>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use. ISO.
- National Fire Protection Association. (2024). NFPA 350: Guide for safe confined space entry and work. NFPA.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (1987). Criteria for a recommended standard: Working in confined spaces (DHHS Publication No. 87-113). Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/87-113>
- Occupational Safety and Health Administration. (2024). Permit-required confined spaces (29 CFR 1910.146). U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.146>
- Occupational Safety and Health Administration. (2024). Confined spaces standards. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/confined-spaces/standards>
- Reese, C. D. (2020). Occupational health and safety management: A practical approach (4th ed.). CRC Press.



-
- Taylor, J. A., & Snyder, K. A. (2017). Confined space safety: Best practices and regulatory compliance. *Professional Safety*, 62(6), 34–40.
 - United States Department of Labor. (2023). Confined space hazards and controls. Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov/confined-spaces>
 - Vincoli, J. W. (2014). *Basic guide to system safety* (3rd ed.). Wiley.
 - Yates, J. K. (2020). *Construction safety management and engineering* (3rd ed.). CRC Press.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.