



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v10i2.3842>

Ciencias de la Salud
Artículo de Investigación

La industria química en los escenarios de los sistemas integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales en la contemporaneidad

The chemical industry in the scenarios of integrated management systems for the prevention of occupational risks in contemporary times

A indústria química nos cenários de sistemas integrados de gestão para prevenção de riscos ocupacionais na contemporaneidade

Lilian Roció Ruiz Sepa^I
lilian.ruiz.sepa@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-1788-9368>

Jair Oswaldo Bedoya Benavides^{II}
jair.bedoya.benavides@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-7180-1749>

Carol Dayana Góngora Saavedra^{III}
carol.gongora@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-0773-5548>

Maritza Elizabeth García Lino^{IV}
maritza.garcia.lino@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9005-4915>

Correspondencia: lilian.ruiz.sepa@utelvt.edu.ec

***Recibido:** 27 de marzo de 2024 ***Aceptado:** 24 de abril de 2024 * **Publicado:** 24 de mayo de 2024

- I. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas. Master Universitario en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa. Ingeniera Química, Ecuador.
- II. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas. Magíster en Tecnologías de la Información. Ingeniero de Sistemas y Computación, Ecuador.
- III. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas. Master Universitario en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa. Ingeniera Química, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas. Magíster en Seguridad y Salud Ocupacional. Ingeniera Química, Ecuador.

Resumen

La gestión de riesgos laborales en la industria química es esencial para asegurar la seguridad y salud de los trabajadores, así como para mantener la competitividad y sostenibilidad de las empresas en un contexto globalizado, se introduce el panorama actual de la industria química, destacando la importancia de la gestión de riesgos laborales para garantizar la seguridad y competitividad de las empresas. Se describen los procesos comunes en la industria y se enfatiza la relevancia de la seguridad laboral. De esta forma se aborda los diferentes tipos de riesgos laborales en la industria química, desde los químicos y físicos hasta los ergonómicos y psicosociales. Se examinan los métodos de evaluación y control de riesgos, así como casos de estudio de accidentes laborales y estrategias de prevención. Además, se analiza el marco normativo y regulatorio aplicable a la industria química, incluyendo normativas internacionales y legislación específica sobre productos químicos. Se discuten los desafíos y oportunidades en la armonización de regulaciones internacionales. Luego se centra en los sistemas de gestión de riesgos laborales, su evolución, implementación y evaluación de efectividad. Se realiza un análisis comparativo de diferentes sistemas de gestión de seguridad y salud laboral. De esta forma examina las tecnologías y herramientas disponibles para la gestión de riesgos laborales, incluyendo aplicaciones tecnológicas, sistemas de monitoreo, herramientas de simulación y equipos de protección personal innovadores. Así se destaca la importancia de la cultura de seguridad y la formación del personal en la prevención de riesgos laborales. Se presentan estrategias para promover una cultura de seguridad y casos de éxito en la implementación de programas de seguridad y formación del personal. Al final se discuten los desafíos actuales y futuras tendencias en la gestión de riesgos laborales en la industria química, incluyendo implicaciones de la globalización y la digitalización, así como recomendaciones para abordar los retos y aprovechar las oportunidades.

Palabras Claves: industria química; productos químicos; regulaciones internacionales; sistemas de gestión; formación del personal.

Abstract

Occupational risk management in the chemical industry is essential to ensure the safety and health of workers, as well as to maintain the competitiveness and sustainability of companies in a globalized context, the current panorama of the chemical industry is introduced, highlighting the importance of occupational risk management to guarantee the safety and competitiveness of companies. Common

processes in the industry are described and the relevance of workplace safety is emphasized. In this way, the different types of occupational risks in the chemical industry are addressed, from chemical and physical to ergonomic and psychosocial. Risk assessment and control methods are examined, as well as case studies of workplace accidents and prevention strategies. In addition, the regulatory and regulatory framework applicable to the chemical industry is analyzed, including international regulations and specific legislation on chemical products. The challenges and opportunities in harmonizing international regulations are discussed. Then it focuses on occupational risk management systems, their evolution, implementation and effectiveness evaluation. A comparative analysis of different occupational health and safety management systems is carried out. In this way, it examines the technologies and tools available for occupational risk management, including technological applications, monitoring systems, simulation tools and innovative personal protective equipment. This highlights the importance of safety culture and staff training in the prevention of occupational risks. Strategies to promote a safety culture and success stories in the implementation of safety programs and staff training are presented. At the end, current challenges and future trends in occupational risk management in the chemical industry are discussed, including implications of globalization and digitalization, as well as recommendations to address challenges and take advantage of opportunities.

Keywords: chemical industry; chemical products; international regulations; management systems; staff training.

Resumo

A gestão dos riscos laborais na indústria química é essencial para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores, bem como para manter a competitividade e a sustentabilidade das empresas num contexto globalizado, é apresentado o panorama atual da indústria química, destacando a importância do risco laboral gestão para garantir a segurança e a competitividade das empresas. São descritos processos comuns na indústria e enfatizada a relevância da segurança no local de trabalho. Desta forma, são abordados os diferentes tipos de riscos ocupacionais na indústria química, desde químicos e físicos até ergonômicos e psicossociais. São examinados métodos de avaliação e controle de riscos, bem como estudos de caso de acidentes de trabalho e estratégias de prevenção. Além disso, é analisado o marco regulatório e regulatório aplicável à indústria química, incluindo regulamentações internacionais e legislação específica sobre produtos químicos. Os desafios e oportunidades na

La industria química en los escenarios de los sistemas integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales en la contemporaneidad

harmonização das regulamentações internacionais são discutidos. De seguida centra-se nos sistemas de gestão de riscos profissionais, na sua evolução, implementação e avaliação da eficácia. É realizada uma análise comparativa de diferentes sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional. Desta forma, examina as tecnologias e ferramentas disponíveis para a gestão de riscos ocupacionais, incluindo aplicações tecnológicas, sistemas de monitoramento, ferramentas de simulação e equipamentos de proteção individual inovadores. Isto destaca a importância da cultura de segurança e da formação do pessoal na prevenção de riscos ocupacionais. São apresentadas estratégias para promover uma cultura de segurança e casos de sucesso na implementação de programas de segurança e treinamento de pessoal. No final, são discutidos os desafios atuais e as tendências futuras na gestão de riscos ocupacionais na indústria química, incluindo as implicações da globalização e da digitalização, bem como recomendações para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades.

Palavras-chave: indústria química; produtos químicos; regulamentações internacionais; sistemas de gestão; treinamento de equipe.

Introducción

La industria química, caracterizada por su complejidad operativa y la manipulación de sustancias peligrosas, enfrenta constantes desafíos en materia de seguridad laboral. En este contexto, la gestión efectiva de los riesgos laborales se ha convertido en una prioridad para garantizar la protección de los trabajadores y la sostenibilidad de las empresas en un entorno cada vez más competitivo y regulado. Esta revisión bibliográfica se propone abordar la temática de la gestión de riesgos laborales en la industria química, centrándose en los sistemas integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales en la contemporaneidad. La evolución de la industria química ha estado marcada por avances tecnológicos significativos que han impulsado su crecimiento y desarrollo, pero también han planteado nuevos desafíos en seguridad laboral (Zernov, 2020a). La complejidad inherente a las operaciones químicas, así como la exposición a sustancias peligrosas, exige un enfoque proactivo y sistemático en la gestión de riesgos laborales. En este sentido, la implementación de sistemas integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales emerge como una estrategia clave para identificar, evaluar y controlar los riesgos asociados a las actividades químicas de manera eficiente y efectiva. La relevancia de la gestión de riesgos laborales en la industria química radica en su impacto directo en la seguridad y salud de los trabajadores, así como en la sostenibilidad y competitividad de las empresas del sector.

La adopción de prácticas efectivas de gestión de riesgos laborales no solo contribuye a proteger a los trabajadores de posibles accidentes y enfermedades laborales, sino que también puede mejorar la productividad, la eficiencia operativa y la reputación corporativa de las organizaciones químicas. En este contexto, esta revisión busca proporcionar una visión integral de los desafíos, tendencias y futuras perspectivas en la gestión de riesgos laborales en la industria química, con el objetivo de promover un entorno laboral seguro y saludable para todos los trabajadores involucrados.

Desarrollo

La Industria Química y la Gestión de Riesgos Laborales

Panorama Actual de la Industria Química a Nivel Global

La industria química desempeña un papel fundamental en la economía global, abarcando la producción de una amplia gama de productos químicos, desde materiales básicos hasta productos especializados de alto valor agregado (R. Niemeier Pamela R. D. Williams, 2020). En la actualidad, esta industria enfrenta desafíos significativos relacionados con la competencia, la regulación ambiental y, especialmente, la gestión de riesgos laborales. Con una demanda en constante crecimiento de productos químicos en diversos sectores, como la agricultura, la salud, la energía y la manufactura, las empresas químicas se enfrentan a la presión de aumentar la producción mientras garantizan la seguridad y el bienestar de sus trabajadores.

La globalización ha llevado a un aumento en la competencia entre empresas químicas de diferentes regiones del mundo, lo que ha impulsado la innovación y la adopción de tecnologías avanzadas. Sin embargo, esta competencia también ha intensificado la presión sobre las empresas para reducir costos y aumentar la eficiencia, lo que puede tener implicaciones en la seguridad laboral. Además, el aumento de la conciencia ambiental y la regulación cada vez más estricta han llevado a las empresas químicas a adoptar prácticas más sostenibles y responsables, lo que a su vez puede influir en las estrategias de gestión de riesgos laborales (F. Brocal C. González, 2018a).

Descripción de los Procesos y Actividades Comunes en la Industria Química

Los procesos y actividades en la industria química son variados y complejos, abarcando desde la síntesis de productos químicos básicos hasta la fabricación de productos finales y su distribución. Estos procesos pueden involucrar la manipulación de sustancias químicas peligrosas, reacciones químicas a alta temperatura y presión, operaciones de manejo de materiales a granel, entre otros. La naturaleza de estas actividades conlleva inherentemente riesgos para la salud y la seguridad de los

trabajadores, que van desde exposiciones químicas agudas hasta riesgos de incendio y explosión (M. Fox Kristen Spicer, 2018).

La gestión eficaz de estos riesgos requiere una comprensión profunda de los procesos y una identificación precisa de los peligros potenciales en cada etapa. Además, es fundamental implementar medidas preventivas y de control adecuadas, como el uso de equipos de protección personal, la implementación de procedimientos de trabajo seguros y la capacitación del personal en la identificación y manejo de riesgos (S. L. Phneah M. H. Hassim, 2017). La gestión de riesgos laborales en la industria química es un desafío continuo y dinámico que requiere una atención constante y un enfoque sistemático para garantizar la seguridad y el bienestar de los trabajadores.

Concepto y Relevancia de la Gestión de Riesgos Laborales en la Industria Química

La gestión de riesgos laborales en la industria química se refiere al proceso de identificación, evaluación y control de los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores que están expuestos a peligros químicos, físicos o biológicos en el entorno laboral (Winder, 2012a). Este enfoque sistemático busca prevenir accidentes y enfermedades laborales mediante la implementación de medidas preventivas y de control, así como la promoción de una cultura de seguridad en la organización (S. F. Shaiakhmetov M. P. D'iakovich, 2008). La relevancia de la gestión de riesgos laborales en la industria química es innegable debido a la naturaleza intrínsecamente peligrosa de muchas de sus operaciones y procesos. La exposición a sustancias químicas tóxicas, riesgos de incendio y explosión, así como condiciones de trabajo adversas, pueden poner en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores si no se gestionan adecuadamente. Además, los accidentes laborales en la industria química pueden tener consecuencias devastadoras, no solo para los trabajadores afectados, sino también para el medio ambiente y la comunidad en general.

La gestión efectiva de los riesgos laborales no solo es una responsabilidad legal y ética para las empresas químicas, sino que también es fundamental para garantizar la continuidad del negocio y proteger su reputación. Las empresas que priorizan la seguridad laboral tienden a tener una mayor productividad, una menor rotación de personal y una mayor lealtad de los empleados. Además, el cumplimiento de las normativas y estándares de seguridad laboral puede ayudar a mejorar la imagen corporativa y la competitividad en el mercado, atrayendo a clientes y socios comerciales que valoran el compromiso con la seguridad y la responsabilidad social corporativa (M. Fox Kristen Spicer, 2018).

Importancia de la Seguridad Laboral para la Sostenibilidad y Competitividad de las Empresas Químicas

La seguridad laboral es un pilar fundamental de la sostenibilidad y competitividad de las empresas químicas en un entorno empresarial cada vez más exigente y globalizado. En primer lugar, la seguridad laboral contribuye a la sostenibilidad al proteger el activo más valioso de una empresa: su capital humano (Z. Singh, 2018). Los trabajadores seguros y saludables son más productivos, están más comprometidos con su trabajo y tienen menos probabilidades de sufrir accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo, lo que reduce los costos asociados con la compensación laboral y la atención médica.

Además, la seguridad laboral es un factor crítico en la competitividad de las empresas químicas en el mercado global. Las empresas que priorizan la seguridad y el bienestar de sus trabajadores tienden a tener una mejor reputación tanto entre los consumidores como entre los inversores, lo que puede traducirse en una mayor demanda de productos, mayores inversiones y un acceso más fácil a financiamiento. Además, el cumplimiento de las normativas y estándares de seguridad laboral puede ser un requisito previo para acceder a ciertos mercados o asociaciones comerciales, lo que puede conferir una ventaja competitiva a las empresas que demuestran un compromiso sólido con la seguridad y la responsabilidad social corporativa (Ying Cai Fei Li, 2018). La seguridad laboral no solo es un imperativo ético, sino también una estrategia empresarial inteligente que contribuye a la sostenibilidad y el éxito a largo plazo de las empresas químicas.

Riesgos Laborales en la Industria Química

Tipos de Riesgos Laborales en la Industria Química: Químicos, Físicos, Biológicos, Ergonómicos y Psicosociales

La industria química presenta una amplia gama de riesgos laborales que pueden afectar la salud y seguridad de los trabajadores. Los riesgos químicos son uno de los más prominentes, debido a la exposición a sustancias peligrosas que pueden causar intoxicación, irritación o incluso cáncer. Los riesgos físicos incluyen la exposición a temperaturas extremas, ruido, vibraciones y radiaciones, que pueden causar lesiones físicas directas o indirectas. Además, están los riesgos biológicos, que se refieren a la exposición a microorganismos patógenos presentes en la industria química, como bacterias o virus, que pueden causar enfermedades infecciosas (Donoghue, 2004).

Los riesgos ergonómicos están relacionados con la forma en que se realizan las tareas en la industria química y pueden conducir a lesiones musculoesqueléticas debido a movimientos repetitivos, posturas incómodas o levantamiento de cargas pesadas. Por último, los riesgos psicosociales abarcan aspectos como el estrés laboral, el acoso o la violencia en el lugar de trabajo, que pueden tener un impacto significativo en la salud mental y el bienestar de los trabajadores (A. Hamid Alizae Salaam Ahmad, 2018). La comprensión de estos diferentes tipos de riesgos es fundamental para implementar medidas efectivas de prevención y control en la industria química.

Evaluación y Análisis de Riesgos Laborales en Entornos Químicos

La evaluación y análisis de riesgos laborales en entornos químicos son procesos críticos para identificar y comprender los peligros presentes en el lugar de trabajo, así como evaluar el nivel de riesgo asociado a cada uno de ellos. La evaluación de riesgos implica la identificación de las posibles fuentes de peligro, la determinación de la probabilidad de que ocurran accidentes o enfermedades y la evaluación de las posibles consecuencias para la salud de los trabajadores. Por otro lado, el análisis de riesgos implica una evaluación más detallada de la magnitud del riesgo y la eficacia de las medidas de control existentes para mitigarlo (A. Askari Mohsen Poursadeqiyan, 2023).

En entornos químicos, la evaluación y análisis de riesgos pueden ser especialmente complejos debido a la presencia de una amplia variedad de sustancias químicas con diferentes propiedades y efectos sobre la salud. Es fundamental utilizar herramientas y metodologías adecuadas, como listas de verificación, análisis de peligros y operabilidad (HAZOP), y modelado de dispersión de sustancias químicas, para realizar una evaluación precisa de los riesgos laborales (N. Nnaji-Ihedinmah, 2016). Además, la participación activa de los trabajadores en este proceso es esencial para identificar riesgos específicos asociados con sus tareas y entornos de trabajo.

Casos de Estudio de Accidentes Laborales en la Industria Química y Sus Lecciones Aprendidas

Los casos de estudio de accidentes laborales en la industria química proporcionan valiosas lecciones sobre las causas subyacentes de los incidentes, así como sobre las deficiencias en los sistemas de gestión de riesgos laborales. Estos casos suelen involucrar accidentes graves, como fugas de productos químicos, explosiones o incendios, que pueden tener consecuencias devastadoras para los trabajadores, el medio ambiente y la comunidad circundante. Al analizar estos casos, es posible identificar patrones comunes de fallos y áreas de mejora en la gestión de riesgos laborales (R. Fontana, 2013).

La industria química en los escenarios de los sistemas integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales en la contemporaneidad

Una de las lecciones aprendidas más importantes de los casos de estudio de accidentes laborales en la industria química es la importancia de una cultura de seguridad sólida, que promueva la comunicación abierta, la participación de los trabajadores y el aprendizaje continuo. Además, estos casos resaltan la necesidad de una evaluación exhaustiva de los riesgos laborales, la implementación de medidas preventivas y de control efectivas, y la capacitación adecuada del personal en materia de seguridad. Al compartir estas lecciones con otras empresas del sector, se pueden evitar futuros accidentes y mejorar la seguridad laboral en la industria química (Montano, 2014).

Estrategias de Prevención y Control de Riesgos Laborales en la Industria Química

Las estrategias de prevención y control de riesgos laborales en la industria química son fundamentales para minimizar la exposición de los trabajadores a peligros potenciales y prevenir accidentes y enfermedades laborales. Estas estrategias pueden incluir medidas de ingeniería, como la implementación de controles de ingeniería para reducir la liberación de sustancias químicas peligrosas, la instalación de sistemas de ventilación adecuados y el diseño ergonómico de los espacios de trabajo para minimizar la fatiga y el estrés físico. Además, las medidas administrativas, como la implementación de procedimientos de trabajo seguro, la rotación de tareas y la asignación adecuada de recursos, pueden ayudar a reducir los riesgos laborales en la industria química (C. Marinacci A. d'Errico, 2005; Yasal Ozdemir Muhammet Gul, 2017).

Otras estrategias de control de riesgos laborales pueden incluir el uso de equipos de protección personal (EPP), como respiradores, gafas de seguridad y trajes de protección, para proteger a los trabajadores de exposiciones directas a sustancias químicas peligrosas (Yasal Ozdemir Muhammet Gul, 2017). Además, es fundamental proporcionar capacitación y educación adecuadas sobre seguridad y salud ocupacional a todos los trabajadores, así como fomentar una cultura de seguridad en toda la organización. La implementación efectiva de estas estrategias requiere un compromiso continuo por parte de la alta dirección, así como la participación activa de los trabajadores y sus representantes en la identificación y mitigación de riesgos laborales.

Marco Normativo y Regulatorio

Principales Normativas Internacionales de Seguridad Laboral Aplicables a la Industria Química (OSHA, OHSAS 18001, ISO 45001, etc.)

La industria química está sujeta a una serie de normativas internacionales diseñadas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. Organismos como la Administración de Seguridad y Salud

Ocupacional (OSHA) en Estados Unidos, la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la norma OHSAS 18001 establecen estándares y directrices para la gestión de riesgos laborales. Estas normativas abordan aspectos como la identificación y evaluación de riesgos, la implementación de medidas de control, la capacitación del personal y la supervisión del cumplimiento (Masjuli Masjuli Hanifah Handayani, 2017; P. Marhaviyas Fani Pliaki, 2022).

La OSHA, por ejemplo, establece requisitos específicos para la industria química en relación con la exposición a sustancias químicas peligrosas, el etiquetado de productos químicos y la gestión de residuos peligrosos (P. Marhaviyas Fani Pliaki, 2022). Por otro lado, las normas ISO 45001 y OHSAS 18001 proporcionan un marco para el establecimiento de sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional, que pueden ser adaptados a las necesidades específicas de las empresas químicas (Cusmanri, 2021). El cumplimiento de estas normativas es fundamental para garantizar un entorno de trabajo seguro y para evitar posibles sanciones y multas por parte de las autoridades reguladoras.

Legislación Específica sobre Productos Químicos y su Impacto en la Seguridad Laboral

Además de las normativas generales de seguridad laboral, la industria química también está sujeta a legislación específica relacionada con el manejo y uso de productos químicos. Esta legislación aborda aspectos como la clasificación y etiquetado de sustancias químicas, la gestión de riesgos químicos, y la notificación y registro de sustancias peligrosas (D. Darabont A. E. Antonov, 2017). Por ejemplo, en la Unión Europea, el Reglamento REACH establece requisitos para el registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas, con el objetivo de garantizar un alto nivel de protección de la salud humana y el medio ambiente.

El impacto de esta legislación en la seguridad laboral es significativo, ya que establece requisitos claros para la identificación y evaluación de riesgos químicos, así como para la implementación de medidas de control adecuadas. Las empresas químicas deben cumplir con los requisitos de etiquetado de productos químicos, proporcionar información sobre los peligros asociados con el uso de sustancias químicas y tomar medidas para prevenir la exposición de los trabajadores a riesgos químicos. El cumplimiento de esta legislación es fundamental para garantizar un entorno de trabajo seguro y para proteger la salud y el bienestar de los trabajadores en la industria química (M. Vinodkumar, 2011).

Importancia del Cumplimiento Normativo en la Gestión de Riesgos Laborales

El cumplimiento normativo juega un papel crucial en la gestión de riesgos laborales en la industria química, ya que proporciona un marco legal y regulatorio para garantizar la seguridad y salud de los

trabajadores. Cumplir con las normativas internacionales y locales no solo es una obligación legal para las empresas químicas, sino que también es fundamental para proteger a los trabajadores de posibles riesgos laborales y para evitar posibles consecuencias negativas, como multas, sanciones o demandas legales (Christian Uhrenholdt Madsen Marie Louise Kirkegaard, 2020).

El cumplimiento normativo implica seguir las directrices establecidas por organismos reguladores y adoptar medidas proactivas para prevenir accidentes y enfermedades laborales. Esto incluye la implementación de sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional, la identificación y evaluación de riesgos laborales, la implementación de medidas de control adecuadas y la capacitación del personal en materia de seguridad. Además, el cumplimiento normativo también implica mantener registros precisos y completos de los programas de seguridad y salud ocupacional, así como cooperar con las autoridades reguladoras durante inspecciones y auditorías (J. Haight Patrick L. Yorio, 2014).

Desafíos y Oportunidades en la Armonización de Regulaciones Internacionales

A pesar de los beneficios del cumplimiento normativo, la armonización de regulaciones internacionales presenta desafíos significativos para la industria química. Las diferencias en las normativas y estándares de seguridad laboral entre países pueden crear barreras comerciales y aumentar los costos de cumplimiento para las empresas químicas que operan a nivel internacional (Ivanova, 2018). Además, la falta de coherencia entre las regulaciones puede dificultar la aplicación consistente de medidas de control de riesgos laborales y la gestión efectiva de riesgos en toda la cadena de suministro global.

Sin embargo, la armonización de regulaciones internacionales también presenta oportunidades para promover estándares más altos de seguridad y salud ocupacional en la industria química a nivel mundial. La colaboración entre países, organismos reguladores y empresas puede conducir a la creación de estándares comunes y mejores prácticas en materia de seguridad laboral, lo que beneficiaría a los trabajadores, a las empresas y a la sociedad en su conjunto. Además, la armonización de regulaciones puede facilitar el intercambio de información y la cooperación en materia de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y enfoques para la gestión de riesgos laborales. En última instancia, la armonización de regulaciones internacionales puede contribuir a crear un entorno de trabajo más seguro y saludable para los trabajadores en la industria química a nivel global (Ghahramani, 2016).

Sistemas de Gestión de Riesgos Laborales en la Industria Química

Evolución de los Sistemas de Gestión de Riesgos Laborales en la Industria Química

La gestión de riesgos laborales en la industria química ha experimentado una evolución significativa a lo largo del tiempo, pasando de enfoques reactivos a enfoques más proactivos y sistemáticos. En sus etapas iniciales, las empresas químicas se centraban principalmente en la corrección de problemas después de que ocurrieran los accidentes, lo que llevó a la adopción de medidas correctivas y de mitigación de riesgos específicos. Sin embargo, con el tiempo, se reconoció la necesidad de adoptar un enfoque más integral y preventivo para abordar los riesgos laborales de manera más efectiva (F. Brocal C. González, 2018b).

Esta evolución dio lugar al desarrollo de sistemas de gestión de riesgos laborales, que se basan en estándares y marcos reconocidos internacionalmente, como OHSAS 18001 (ahora ISO 45001), para proporcionar un enfoque estructurado y sistemático para identificar, evaluar y controlar los riesgos laborales en la industria química. Estos sistemas de gestión promueven la participación activa de la alta dirección y el compromiso del personal en la mejora continua de la seguridad y la salud ocupacional, lo que ha llevado a una reducción significativa de los accidentes y lesiones en el lugar de trabajo en muchas empresas químicas.

Análisis Comparativo de Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Laboral (OHSAS 18001, ISO 45001, etc.)

Los sistemas de gestión de seguridad y salud laboral, como OHSAS 18001 e ISO 45001, proporcionan un marco común para que las empresas químicas gestionen los riesgos laborales de manera efectiva. Aunque estos sistemas comparten objetivos similares, existen diferencias en su enfoque y requisitos específicos. OHSAS 18001, por ejemplo, se centra en la identificación y control de peligros, la evaluación de riesgos y el establecimiento de objetivos y programas de seguridad y salud laboral. Por otro lado, ISO 45001 adopta un enfoque más amplio e integrado, que incluye consideraciones sobre el contexto de la organización, el liderazgo y la participación de los trabajadores, y la mejora continua del desempeño en seguridad y salud laboral (F. Brocal M. Sebastián, 2017; J. Terwoert K. Verbist, 2015).

Un análisis comparativo de estos sistemas de gestión puede ayudar a las empresas químicas a determinar cuál es el más adecuado para sus necesidades específicas y a identificar áreas de mejora en su enfoque actual de gestión de riesgos laborales. Si bien ambos sistemas tienen beneficios significativos, como la mejora de la cultura de seguridad, la reducción de lesiones y enfermedades

laborales, y el cumplimiento normativo, es importante tener en cuenta las características únicas de cada sistema y considerar cómo se alinean con los objetivos y valores de la organización (Winder, 2012b).

Implementación de Sistemas de Gestión Integrados en la Industria Química

La implementación de sistemas de gestión integrados, que abarcan no solo la seguridad y salud laboral, sino también otros aspectos como la calidad y el medio ambiente, se ha vuelto cada vez más común en la industria química. Estos sistemas integrados permiten a las empresas abordar de manera más eficiente y efectiva los riesgos laborales, al tiempo que mejoran la coordinación y la coherencia de los esfuerzos de gestión en toda la organización (Saemi Shin, 2021a). Al integrar la gestión de riesgos laborales con otros sistemas de gestión, las empresas químicas pueden identificar y aprovechar sinergias entre diferentes áreas funcionales, lo que puede resultar en una mejor utilización de recursos y una reducción de la burocracia y la redundancia.

La implementación de sistemas de gestión integrados también puede ayudar a mejorar la comunicación y la colaboración entre diferentes departamentos y niveles jerárquicos dentro de la organización. Al establecer un enfoque común y coherente para la gestión de riesgos laborales, se facilita la alineación de objetivos y la toma de decisiones informadas en toda la empresa. Además, los sistemas integrados pueden mejorar la capacidad de la organización para identificar y gestionar riesgos emergentes y tendencias futuras, lo que es fundamental en un entorno empresarial en constante cambio y evolución (M. Rudakov E. Gridina, 2021).

Evaluación de la Efectividad y Eficiencia de los Sistemas de Gestión de Riesgos Laborales

La evaluación de la efectividad y eficiencia de los sistemas de gestión de riesgos laborales es fundamental para garantizar que cumplan con sus objetivos y contribuyan al mejoramiento continuo de la seguridad y salud ocupacional en la industria química. Esto implica la medición y análisis de indicadores clave de desempeño, como tasas de accidentes y lesiones, índices de frecuencia y gravedad, y cumplimiento de objetivos y metas establecidos en el sistema de gestión. Además, es importante recopilar retroalimentación y opiniones de los trabajadores y otras partes interesadas para evaluar la percepción y la eficacia del sistema de gestión (F. Khan S. Hashemi, 2016).

La evaluación de la efectividad y eficiencia de los sistemas de gestión de riesgos laborales también puede incluir auditorías internas y externas, revisiones de cumplimiento normativo y análisis de tendencias a lo largo del tiempo. Estas actividades proporcionan una visión integral del desempeño del sistema de gestión y ayudan a identificar áreas de mejora y oportunidades para la innovación.

Además, la retroalimentación obtenida de la evaluación del sistema de gestión puede utilizarse para informar la toma de decisiones estratégicas y la planificación de acciones correctivas y preventivas para abordar cualquier deficiencia o área de preocupación identificada. En última instancia, la evaluación continua del sistema de gestión de riesgos laborales es esencial para garantizar su relevancia y eficacia a lo largo del tiempo y para mantener un entorno de trabajo seguro y saludable en la industria química (Zernov, 2020b).

Tecnologías y Herramientas para la Gestión de Riesgos Laborales

Aplicaciones de la Tecnología en la Identificación y Evaluación de Riesgos Laborales

Las tecnologías digitales están transformando la forma en que se identifican y evalúan los riesgos laborales en la industria química. Las aplicaciones móviles y plataformas en línea permiten a los trabajadores reportar riesgos en tiempo real desde el lugar de trabajo, lo que facilita la recopilación de datos y la identificación temprana de peligros. Además, el uso de sensores y dispositivos portátiles permite monitorear condiciones ambientales y exposiciones a sustancias químicas, lo que proporciona datos precisos para la evaluación de riesgos y la toma de decisiones informadas (J. Niewöhner Patrick Cox, 2004).

El uso de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático también está ganando terreno en la identificación y evaluación de riesgos laborales. Estas tecnologías pueden analizar grandes volúmenes de datos para identificar patrones y tendencias, lo que ayuda a predecir y prevenir accidentes antes de que ocurran. Además, los sistemas de realidad virtual y aumentada permiten simular situaciones de riesgo y capacitar a los trabajadores en entornos virtuales seguros, lo que mejora la conciencia situacional y reduce el riesgo de accidentes (F. Clerc Andrea Emili, 2020).

Sistemas de Monitoreo y Control de Exposiciones Químicas

Los sistemas de monitoreo y control de exposiciones químicas son herramientas clave para gestionar los riesgos laborales en la industria química. Estos sistemas utilizan sensores y equipos de monitoreo para medir la concentración de sustancias químicas en el aire y en el ambiente de trabajo, lo que permite identificar y evaluar los riesgos de exposición (Fatih Mouras, 2020; M. G. Ribeiro, 2006). Además, los sistemas de control, como la ventilación localizada y los sistemas de captura y filtración, ayudan a reducir la concentración de contaminantes en el aire y a minimizar la exposición de los trabajadores a riesgos químicos.

La tecnología de monitoreo en tiempo real permite a las empresas identificar rápidamente desviaciones de los límites de exposición permitidos y tomar medidas correctivas de manera oportuna

para proteger la salud y seguridad de los trabajadores (M. G. Ribeiro, 2006). Además, los avances en la miniaturización de sensores y la conectividad inalámbrica están facilitando la implementación de sistemas de monitoreo personalizado, que permiten a los trabajadores llevar consigo dispositivos de monitoreo personal para evaluar su exposición individual a riesgos químicos en tiempo real.

Herramientas de Simulación y Modelado para la Gestión de Riesgos Laborales

Las herramientas de simulación y modelado juegan un papel importante en la gestión de riesgos laborales en la industria química al permitir a las empresas prever y evaluar los posibles escenarios de riesgo. Los modelos de dispersión atmosférica, por ejemplo, pueden predecir la propagación de contaminantes químicos en el aire y calcular la exposición potencial de los trabajadores en diferentes condiciones operativas. Además, los modelos de simulación de procesos pueden identificar posibles puntos de fallo en los sistemas de producción y ayudar a diseñar medidas de control efectivas (M. G. Ribeiro, 2006).

Estas herramientas también pueden utilizarse para evaluar el impacto de diferentes estrategias de control de riesgos y optimizar la asignación de recursos para maximizar la eficacia y eficiencia de las medidas preventivas. Además, los avances en la modelización predictiva y el análisis de datos están permitiendo a las empresas identificar tendencias emergentes y riesgos potenciales antes de que se conviertan en problemas reales, lo que les permite tomar medidas preventivas proactivas para proteger la salud y seguridad de los trabajadores (M. G. Ribeiro, 2006).

Innovaciones en Equipos de Protección Personal y su Impacto en la Seguridad Laboral

Los equipos de protección personal (EPP) desempeñan un papel crucial en la protección de los trabajadores contra los riesgos laborales en la industria química. Las innovaciones en materiales y diseño están mejorando la comodidad, durabilidad y eficacia de los EPP, lo que aumenta su aceptación y cumplimiento por parte de los trabajadores. Por ejemplo, los trajes de protección fabricados con materiales transpirables y ligeros proporcionan una protección efectiva contra sustancias químicas peligrosas sin sacrificar la comodidad y la movilidad.

Además, los avances en la tecnología de sensores están permitiendo la integración de sistemas de monitoreo en los EPP, lo que proporciona información en tiempo real sobre la exposición del trabajador a riesgos químicos y otras condiciones peligrosas. Esto permite una respuesta más rápida a situaciones de emergencia y una mejor gestión de la seguridad en el lugar de trabajo. Además, la personalización de los EPP para adaptarse a las necesidades individuales de los trabajadores, como el ajuste de tamaño y la selección de características específicas de protección, está mejorando la

eficacia y el confort del equipo, lo que contribuye a una mayor aceptación y cumplimiento por parte de los trabajadores (Jodi Oakman, 2019; Saemi Shin, 2021b).

Retos y Futuras Tendencias en la Gestión de Riesgos Laborales en la Industria Química **Desafíos Actuales y Emergentes en la Gestión de Riesgos Laborales en la Industria Química**

La industria química enfrenta una serie de desafíos tanto actuales como emergentes en la gestión de riesgos laborales. Entre los desafíos actuales se encuentran la necesidad de cumplir con las regulaciones cada vez más estrictas en materia de seguridad laboral, la gestión de sustancias químicas peligrosas y la prevención de accidentes industriales. Además, la creciente complejidad de los procesos químicos y el uso de tecnologías avanzadas plantean desafíos adicionales en términos de identificación y evaluación de riesgos laborales.

Por otro lado, los desafíos emergentes incluyen la adaptación a cambios en el entorno laboral, como el envejecimiento de la fuerza laboral y la creciente demanda de habilidades técnicas especializadas. Además, la aparición de nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial y la automatización, plantea preguntas sobre cómo integrar estas innovaciones de manera segura en el lugar de trabajo y garantizar la protección de los trabajadores frente a nuevos riesgos potenciales.

Tendencias Futuras en Tecnologías y Enfoques de Gestión de Riesgos Laborales

El futuro de la gestión de riesgos laborales en la industria química estará marcado por la adopción de tecnologías innovadoras y enfoques más proactivos. Se espera que la inteligencia artificial y el análisis de datos desempeñen un papel importante en la identificación y evaluación de riesgos laborales, permitiendo a las empresas predecir y prevenir accidentes antes de que ocurran. Además, se espera que la realidad virtual y aumentada se utilice cada vez más para la formación y capacitación de los trabajadores en entornos virtuales seguros y realistas (Afrooz Moatari-Kazerouni Y. Chinniah, 2015).

Otras tendencias incluyen el desarrollo de sistemas de monitoreo en tiempo real y dispositivos portátiles que permitan a los trabajadores evaluar su exposición a riesgos laborales de manera continua y precisa. Además, se espera que haya un mayor enfoque en la ergonomía y el diseño de puestos de trabajo para prevenir lesiones musculoesqueléticas y mejorar la salud y el bienestar de los trabajadores en la industria química.

Implicaciones de la Globalización y la Digitalización en la Seguridad Laboral

La globalización y la digitalización están transformando la forma en que se gestionan los riesgos laborales en la industria química. La globalización ha llevado a un aumento en la cadena de suministro global, lo que significa que las empresas químicas deben enfrentarse a una mayor diversidad de riesgos laborales, desde condiciones de trabajo precarias hasta diferencias en las regulaciones de seguridad laboral en diferentes países. Además, la digitalización ha introducido nuevos riesgos, como la ciberseguridad y la protección de datos, que requieren una atención especial en términos de seguridad laboral (F. Brocal C. González, 2018c).

Recomendaciones para Abordar los Retos y Aprovechar las Oportunidades en la Gestión de Riesgos Laborales

Para abordar los desafíos y aprovechar las oportunidades en la gestión de riesgos laborales en la industria química, es fundamental adoptar un enfoque integrado y colaborativo que involucre a todas las partes interesadas, incluidos los trabajadores, la dirección y los organismos reguladores. Esto incluye la implementación de sistemas de gestión de riesgos laborales robustos y la promoción de una cultura de seguridad positiva en toda la organización. Además, es importante invertir en formación y capacitación del personal en nuevas tecnologías y prácticas de seguridad, así como en la investigación y desarrollo de soluciones innovadoras para abordar los desafíos emergentes en la industria química. Al trabajar juntos de manera proactiva y colaborativa, podemos garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable para todos los trabajadores en la industria química (Afrooz Moatari-Kazerouni Y. Chinniah, 2015; Lujie Zhou Qinggui Cao, 2018).

Conclusiones

La gestión de riesgos laborales en la industria química emerge como un componente vital para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, así como para fortalecer la sostenibilidad y competitividad de las empresas en un entorno globalizado y regulado. Desde la introducción a la industria química y la descripción de sus procesos hasta la implementación de sistemas integrados de gestión de riesgos, se ha evidenciado la complejidad y la necesidad de abordar esta temática de manera integral y proactiva. La identificación y evaluación de los diversos tipos de riesgos laborales, desde los químicos hasta los ergonómicos, se presenta como un primer paso fundamental en la gestión efectiva de la seguridad laboral (Timothy F. Malloy Benjamin D. Trump, 2016). La aplicación de normativas internacionales y legislaciones específicas sobre productos químicos se convierte en un

marco regulatorio indispensable para orientar las prácticas de gestión de riesgos laborales en la industria. La integración de tecnologías avanzadas, como aplicaciones de monitoreo, simulación y equipos de protección personal innovadores, ofrece nuevas oportunidades para mejorar la gestión de riesgos laborales y garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable. Además, la promoción de una cultura de seguridad y la formación continua del personal son aspectos críticos para fomentar una mentalidad preventiva y reducir la incidencia de accidentes laborales. Enfrentando los desafíos actuales y anticipando las tendencias futuras, es fundamental que las empresas químicas adopten enfoques proactivos y colaborativos en la gestión de riesgos laborales (Cornelis J. Van Leeuwen Finn Bro-Rasmussen, 1996). Al hacerlo, podrán no solo mitigar los riesgos existentes, sino también estar preparadas para enfrentar los desafíos emergentes y aprovechar las oportunidades en un mundo en constante evolución.

Referencias

- A. Askari Mohsen Poursadeqiyani, A. S. S. A. L. M. A. R. F. (2023). Semi-quantitative risk assessment for workers exposed to occupational harmful agents in an oilfield in Iran. *Work*. <https://doi.org/10.3233/wor-220077>
- A. Hamid Alizae Salaam Ahmad, S. D. S. S. F. A. M. I. Q. (2018). Ergonomics Hazards and Musculoskeletal Disorders Among Workers of Health Care Facilities. *Current World Environment*. <https://doi.org/10.12944/CWE.13.2.10>
- Afroz Moatari-Kazerouni Y. Chinniah, B. A. (2015). A proposed occupational health and safety risk estimation tool for manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 53, 4459–4475. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.942005>
- C. Marinacci A. d'Errico, M. C. F. P. G. C. (2005). Occupational differences in exposure to hazardous work conditions. *La Medicina Del Lavoro*, 96 Suppl, s127-40. <https://consensus.app/papers/differences-exposure-work-conditions-marinacci/e9dcafa86cfc5c8c9fd3379a2c01b0a9>
- Christian Uhrenholdt Madsen Marie Louise Kirkegaard, J. D. P. H. (2020). Making occupational health and safety management systems 'work': A realist review of the OHSAS 18001 standard. *Safety Science*, 129, 104843. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104843>
- Cornelis J. Van Leeuwen Finn Bro-Rasmussen, T. C. J. F. R. A. B. M. B. D. C. P. G. N. J. G. B. H. J. J. V. H. P. H. N. K. R. K. M. M. J. F. S. G. A. B. S. T. V. (1996). Risk assessment and

- management of new and existing chemicals. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 24, 243–299. [https://doi.org/10.1016/S1382-6689\(96\)00072-5](https://doi.org/10.1016/S1382-6689(96)00072-5)
- Cusmanri, F. P. (2021). Studi komparasi GSR Part 2 dan ISO 45001:2018. *Jurnal Pengawasan Tenaga Nuklir*. <https://doi.org/10.53862/jupeten.v1i2.016>
- D. Darabont A. E. Antonov, C. B. (2017). Key elements on implementing an occupational health and safety management system using ISO 45001 standard. *Journal of Industrial Hygiene*, 121, 11007. <https://doi.org/10.1051/MATECCONF/201712111007>
- Donoghue, A. M. (2004). Occupational health hazards in mining: an overview. *Occupational Medicine*, 54(5), 283–289. <https://doi.org/10.1093/OCCMED/KQH072>
- F. Brocal C. González, G. R. V. C. M. S. (2018a). Risk Management of Hazardous Materials in Manufacturing Processes: Links and Transitional Spaces between Occupational Accidents and Major Accidents. *Materials*, 11. <https://doi.org/10.3390/ma11101915>
- F. Brocal C. González, G. R. V. C. M. S. (2018b). Risk Management of Hazardous Materials in Manufacturing Processes: Links and Transitional Spaces between Occupational Accidents and Major Accidents. *Materials*, 11. <https://doi.org/10.3390/ma11101915>
- F. Brocal C. González, G. R. V. C. M. S. (2018c). Risk Management of Hazardous Materials in Manufacturing Processes: Links and Transitional Spaces between Occupational Accidents and Major Accidents. *Materials*, 11. <https://doi.org/10.3390/ma11101915>
- F. Brocal M. Sebastián, C. G. (2017). Theoretical framework for the new and emerging occupational risk modeling and its monitoring through technology lifecycle of industrial processes. *Safety Science*, 99, 178–186. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2016.10.016>
- F. Clerc Andrea Emili, G. M. (2020). AltrexChimie, a Web Application for the Management and the Interpretation of Occupational Exposure Measurements to Chemical Substances. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103375>
- F. Khan S. Hashemi, N. P. P. A. V. C. G. R. (2016). Dynamic risk management: a contemporary approach to process safety management. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 14, 9–17. <https://doi.org/10.1016/J.COCHE.2016.07.006>
- Fatih Mouras, A. B. (2020). Survey of the Risk Management Methods, Techniques and Software Used Most Frequently in Occupational Health and Safety. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 10, 149–160. <https://doi.org/10.18280/ijssse.100201>
-

- Ghahramani, A. (2016). An investigation of safety climate in OHSAS 18001-certified and non-certified organizations. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 22, 414–421. <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1155803>
- Ivanova, R. P. (2018). OHSAS 18001: 2007 IN THE PRACTICE OF BULGARIAN ORGANIZATIONS. *CBU International Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.12955/CBUP.V6.1157>
- J. Haight Patrick L. Yorio, K. A. R. D. W. (2014). Safety Management Systems: Comparing Content & Impact. *Professional Safety*, 59, 44–51. <https://consensus.app/papers/safety-management-systems-comparing-content-impact-haight/f5478b5a5e6a5be38f3d8d5ed5cc5205>
- J. Niewöhner Patrick Cox, S. G. N. P. (2004). Evaluating the Efficacy of a Mental Models Approach for Improving Occupational Chemical Risk Protection. *Risk Analysis*, 24. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00437.x>
- J. Terwoert K. Verbist, H. H. (2015). An Intervention Study on the Implementation of Control Banding in Controlling Exposure to Hazardous Chemicals in Small and Medium-sized Enterprises. *Safety and Health at Work*, 7, 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2015.12.002>
- Jodi Oakman, W. M. (2019). The APHIRM toolkit: an evidence-based system for workplace MSD risk management. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2828-1>
- Lujie Zhou Qinggui Cao, K. Y. L. W. H. W. (2018). Research on Occupational Safety, Health Management and Risk Control Technology in Coal Mines. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15050868>
- M. Fox Kristen Spicer, L. C. P. S. D. J. G. S. D. (2018). Implications of applying cumulative risk assessment to the workplace. *Environment International*, 115, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.026>
- M. G. Ribeiro, W. R. P. F. (2006). Risk assessment of chemicals in foundries: the International Chemical Toolkit pilot-project. *Journal of Hazardous Materials*, 136 3, 432–437. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2006.01.019>
- M. Rudakov E. Gridina, J. K. (2021). Risk-Based Thinking as a Basis for Efficient Occupational Safety Management in the Mining Industry. *Sustainability*, 13, 470. <https://doi.org/10.3390/SU13020470>
-

- M. Vinodkumar, M. B. (2011). A study on the impact of management system certification on safety management. *Safety Science*, 49, 498–507. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2010.11.009>
- Masjuli Masjuli Hanifah Handayani, S. S. (2017). Anticipating the industry in responding to the publication of ISO 45001 of 2018. *Journal of Industrial Hygiene*, 1, 119–133. <https://doi.org/10.21111/JIHOH.V1I2.889>
- Montano, D. (2014). Chemical and biological work-related risks across occupations in Europe: a review. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology (London, England)*, 9, 28. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-9-28>
- N. Nnaji-Ihedinmah, K. U. (2016). Evaluating Occupational Health and Safety Management in Selected Plastics Manufacturing Organizations in Awka Metropolis Nigeria. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 12, 23–33. <https://doi.org/10.12816/0037252>
- P. Marhavalas Fani Pliaki, D. K. (2022). International Management System Standards Related to Occupational Safety and Health: An Updated Literature Survey. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su142013282>
- R. Fontana, L. L. (2013). The situation of nursing work and occupational risks from an ergological perspective. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 21(6), 1306–1313. <https://doi.org/10.1590/0104-1169.3105.2368>
- R. Niemeier Pamela R. D. Williams, A. R. J. C. G. R. (2020). A Cumulative Risk Perspective for Occupational Health and Safety (OHS) Professionals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176342>
- S. F. Shaiakhmetov M. P. D'iakovich, N. M. M. (2008). Evaluating occupational health risk in workers engaged in the chemical industry. *Meditina Truda i Promyshlennaia Ekologiya*, 8, 27–33. <https://consensus.app/papers/evaluating-health-risk-workers-engaged-chemical-industry-shaiakhmetov/3e4c1d5be0275c2c9f552d02974e3127>
- S. L. Phneah M. H. Hassim, D. N. (2017). Review of Chemical hazard based occupational health assessment methods for chemical processes. *Chemical Engineering Transactions*, 56, 1813–1818. <https://doi.org/10.3303/CET1756303>
- Saemi Shin, S. B. (2021a). Review and Improvement of Chemical Hazard Risk Management of Korean Occupational Safety and Health Agency. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179395>

- Saemi Shin, S. B. (2021b). Review and Improvement of Chemical Hazard Risk Management of Korean Occupational Safety and Health Agency. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179395>
- Timothy F. Malloy Benjamin D. Trump, I. L. (2016). Risk-Based and Prevention-Based Governance for Emerging Materials. *Environmental Science & Technology*, 50 13, 6822–6824. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02550>
- Winder, C. (2012a). Chemical hazards in the organisation. *Experientia Supplementum*, 101, 1–19. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_1
- Winder, C. (2012b). Chemical hazards in the organisation. *Experientia Supplementum*, 101, 1–19. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_1
- Yasal Ozdemir Muhammet Gul, E. C. (2017). Assessment of occupational hazards and associated risks in fuzzy environment: A case study of a university chemical laboratory. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23, 895–924. <https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1292844>
- Ying Cai Fei Li, J. Z. Z. W. (2018). Occupational Health Risk Assessment in the Electronics Industry in China Based on the Occupational Classification Method and EPA Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102061>
- Z. Singh, P. S. S. (2018). Need for risk management and regular occupational health safety assessment among workers of developing countries. *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*, 1, 19–24. https://doi.org/10.4103/JQSH.JQSH_2_17
- Zernov, A. (2020a). Occupational risk management when working with chemicals. *Okhrana Truda i Tekhnika Bezopasnosti Na Promyshlennykh Predpriyatiyakh (Labor Protection and Safety Procedure at the Industrial Enterprises)*. <https://doi.org/10.33920/pro-4-2008-01>
- Zernov, A. (2020b). Occupational risk management when working with chemicals. *Okhrana Truda i Tekhnika Bezopasnosti Na Promyshlennykh Predpriyatiyakh (Labor Protection and Safety Procedure at the Industrial Enterprises)*. <https://doi.org/10.33920/pro-4-2008-01>.