
Evaluación de la exposición inhalatoria a agentes químicos en un laboratorio de física mediante el método Coshh Essentials

Evaluation of inhalation exposure to chemical agents in a physics laboratory using the Coshh Essentials method

Paola Astrid Cañón-Lara¹  0009-0008-3891-2351

Carlos Julio Lozano-Piedrahita²  0000-0002-7322-5046

¹Universidad Nacional de Colombia, Dirección de Personal, División de Seguridad y Salud en el Trabajo, Bogotá, Colombia.

²Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Bogotá, Colombia.

Fechas · Dates

Recibido: 22/01/2024
Aceptado: 07/07/2024
Publicado: 15/10/2024

Correspondencia · Corresponding Author

Paola Astrid Cañón Lara
ppaola@hotmail.com

Resumen

La evaluación de riesgos químicos es crucial para establecer acciones que eliminen, reduzcan o controlen el riesgo de enfermedades laborales. Tradicionalmente, se realiza mediante métodos higiénicos cuantitativos y costos elevados para las organizaciones. La metodología COSHH Essentials es una buena alternativa, sencilla y económica, que se utilizó en un laboratorio de física en Colombia con el objetivo de evaluar del riesgo inhalatorio a sustancias químicas. Se revisó la peligrosidad específica de una serie de agentes químicos y el análisis de la exposición potencial, volatilidad o pulverulencia y la cantidad utilizada, como una primera aproximación para la evaluación del riesgo químico. Se establecieron cuatro niveles de riesgo permitiendo definir las acciones para mantener la exposición en niveles adecuados para evitar el riesgo de enfermedades laborales por inhalación. La metodología permite su aplicación en otros laboratorios, su enfoque cualitativo generó una valoración rápida y sistemática del riesgo potencial, y a coste reducido.

Palabras clave: COSHH Essentials; método de evaluación cualitativo; contaminantes químicos; exposición inhalatoria.

Abstract

Chemical risk assessment is crucial for establishing actions that eliminate, reduce, or control the risk of occupational diseases. Traditionally, this assessment is conducted through quantitative hygienic methods, which are often costly for organizations. The COSHH Essentials methodology offers a simple and cost-effective alternative, which was applied in a physics laboratory in Colombia with the aim of evaluating inhalation risks from chemical substances. The specific hazards of a series of chemical agents were reviewed, and the potential exposure analysis was carried out, considering factors such as volatility or dustiness and the amount used, as a preliminary approach to chemical risk assessment. Four risk levels were established, allowing for the definition of actions to maintain exposure at safe levels, preventing the risk of occupational diseases caused by inhalation. This methodology can be applied in other laboratories; its qualitative approach provided a rapid and systematic assessment of potential risk, at a reduced cost.

Keywords: COSHH Essentials; qualitative evaluation method; chemical contaminants; inhalation exposure.

Introducción

Colombia enfrenta desafíos en la manipulación de sustancias químicas, especialmente en aspectos ambientales, de seguridad y salud laboral⁽¹⁾. A pesar de políticas alineadas con estándares internacionales, aún falta mucho por hacer en la prevención de accidentes y enfermedades laborales por exposición química. Con más de 194 millones de sustancias orgánicas e inorgánicas en existencia⁽²⁾, el uso creciente de químicos en procesos industriales es preocupante. El sector químico colombiano incluye más de 600 industrias, contribuyendo significativamente a la economía y al empleo formal⁽³⁾. Sin embargo, la falta de investigación científica dificulta anticipar y prevenir riesgos para la salud de los trabajadores⁽⁴⁾. Las limitaciones en la capacidad del país para realizar mediciones higiénicas cuantitativas, evidenciadas por deficiencias en la calidad e infraestructura de instituciones de higiene industrial, agravan la situación⁽⁵⁾. Esto obliga a externalizar servicios en el extranjero, aumentando costos y restringiendo evaluaciones integrales. Estos desafíos también afectan a las universidades, donde los trabajadores de laboratorios están expuestos a diversas sustancias químicas.

Existe investigación que evalúa el impacto de la metodología COSHH Essentials en la categorización de niveles de exposición y medidas de control. COSHH (Control of Substances Hazardous to Health) es un conjunto de regulaciones del Reino Unido que guía a los empleadores en la identificación, evaluación y control de riesgos de exposición a sustancias químicas peligrosas⁽⁶⁾. Es sencilla y accesible, especialmente útil para pequeñas y medianas empresas⁽⁷⁾. Clasifica las sustancias químicas según su peligrosidad, utilizando etiquetas y hojas de seguridad. A partir de esta información evalúa el potencial de inhalación considerando factores como concentración, volatilidad o pulverulencia, y cantidad de sustancia utilizada⁽⁸⁾. La metodología incluye la identificación de sustancias químicas, evaluación de riesgos, acciones de control y revisión continua⁽⁹⁾.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los riesgos químicos por inhalación en un laboratorio de física en Colombia mediante la metodología COSHH Essentials, a partir de la revisión de la peligrosidad específica del agente químico y el análisis de la exposición potencial, su volatilidad o pulverulencia y la cantidad utilizada, como una primera aproximación para la evaluación del riesgo químico.

Método

Oleart et al⁽⁶⁾ identifican dos grupos de métodos simplificados para evaluar el riesgo asociado a la exposición a contaminantes químicos por inhalación y por contacto dérmico: 1) Métodos de evaluación del riesgo por inhalación (COSHH Essentials, International Chemical Control Toolkit (CCTK), Easy-to-use Workplace Control Scheme for Hazardous Substances (EMKG), Méthodologie D'Evaluation Simplifiée du Risc Chimique (INRS)); y 2) Métodos de evaluación del riesgo por contacto dérmico (INRS, EMKG).

El Instituto de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSHT) señala que tanto el CCTK como el EMKG se basan en los principios del COSHH Essentials, con diferencias menores y sin aportes significativos para optar por ellos^(6,7). El EMKG, por ejemplo, se desarrolla para cumplir con una ordenanza alemana y aplica solo a productos sin valor límite, remitiendo a las guías técnicas del COSHH Essentials^(6,7).

El método INRS, aunque similar a COSHH Essentials, no determina el nivel de control ni clasifica la cantidad de producto utilizada de manera decisiva en las medidas de control, enfocándose más en la cantidad relativa de productos y la frecuencia de uso⁽⁶⁾. A diferencia de COSHH Essentials, INRS considera la duración de la exposición en sus evaluaciones, algo que no se considera crucial en los laboratorios universitarios debido a la variabilidad en el uso de productos químicos⁽⁶⁾.

Se realizó un estudio escrito transversal, utilizado para conocer detalladamente el problema tal como se presenta⁽¹⁰⁾.

Las variables de estudio fueron: 1) Definición de Peligro usando información de las Frases H; 2) Predisposición de la sustancia para ingresar al ambiente; y 3) Unidad de medida de sustancia utilizada.

La población de estudio fueron los/as trabajadores/as de laboratorios de física de una universidad en Bogotá, sin hacer hincapié en los trabajadores más allá de su cuantificación. De esta población se seleccionó una muestra no probabilística o dirigida⁽¹⁰⁾. Se eligió el laboratorio de Celdas Solares, dedicado a la investigación de materiales semiconductores para celdas solares, espectroscopía UV, VS, NIR y estudios de morfología con Microscopía AFM, utilizando criterios como la cantidad y diversidad de sustancias químicas, complejidad de las actividades y número de expuestos.

Se incluyeron sustancias químicas presentes en la muestra que ingresen al organismo por vía respiratoria. Se excluyeron los humos de soldadura, polvo de mie-

ses, plomo, amianto, sustancias químicas que sobrepasan el punto de ebullición, plaguicidas o medicamentos.

El estudio se desarrollo en 3 fases: 1) visita de inspección técnica al laboratorio; 2) aplicación del método y 3) análisis de datos.

La confiabilidad del método COSHH Essentials depende de la calidad de la información recolectada, y tienen las siguientes limitaciones ⁽¹¹⁾: desprecia el riesgo si el agente químico tiene un TLV muy bajo; puede despreciar el riesgo si la sustancia está en estado gaseoso y sólido; no considera la duración de la exposición ni el uso de EPP o EPI; y no aplicable a sustancias liberadas en procesos de soldadura, pesticidas y medicamentos.

La aplicación del método es un proceso que consiste en: 1) Determinación de la sustancia química, identificándose el nombre y número CAS mediante observación directa o inventario; 2) Solicitud y obtención de la Ficha de Datos de Seguridad (FDS) del laboratorista o mediante búsqueda con el número CAS, definiendo las Frases H en cinco categorías (A, B, C, D, E); 3) Cantidad de sustancia utilizada, clasificada como grande, mediana o pequeña; 4) Clasificación de la sustancia, a partir de la determinación de su presentación (líquido, sólido o gaseoso) y volatilidad; y 5) Recopilación de datos, que incluye la relación del gradiente de peligrosidad (A, B, C, D, E), cantidad usada (pequeña, mediana, grande) y volatilidad o pulverulencia (baja, media, alta) para obtener el nivel de riesgo (1 a 4).

Con relación a los aspectos éticos, no se invitó a personas o grupos vulnerables. Se respetó la propiedad intelectual y se manejó la información bajo acuerdos de confidencialidad, con aval del comité de ética de la Universidad.

Resultados

Los laboratorios incluyeron 5 puestos de trabajo, de los cuales 4 obedecen a laboratoristas que se rotan las diversas actividades con una dedicación semanal de 40 horas (5 días por 8 horas al día) y un docente encargado de supervisar y dirigir todas las tareas que allí se desarrollan con una dedicación semanal de 20 horas (5 días por 4 horas a día). Los pasos que conforman cada uno de los dos procesos y se subrayan aquellos en donde se utilizan químicos son:

1. Fabricación y evaluación de celdas solares:

- Selección de materiales: Se eligen materiales semiconductores, en función de sus propiedades eléctricas y de absorción de luz.
- Deposición de materiales: Los materiales semiconductores se depositan en sustratos mediante técnicas como deposición química de vapor (CVD), deposición física de vapor (PVD), deposición química de solución (CSD) o fabricación de películas delgadas por métodos de vacío. Se utilizan soluciones ácidas o alcalinas para limpiar los sustratos y eliminar contaminantes superficiales y soluciones para grabado químico de silicio.

- Formación de estructuras: Los materiales depositados se estructuran mediante procesos de fotolitografía, grabado químico o físico, y deposición de contactos eléctricos para formar la estructura de la celda solar.
- Caracterización eléctrica: Se realizan mediciones para evaluar las propiedades eléctricas de las celdas solares.
- Caracterización óptica: Se evalúa la absorción de luz y la respuesta espectral de las celdas solares mediante técnicas como la espectroscopía de absorción y la espectroscopía de fotoluminiscencia.
- Encapsulación y protección: Las celdas solares se encapsulan para protegerlas de la humedad, la radiación UV y los impactos mecánicos, lo que aumenta su durabilidad y vida útil.
- Pruebas de rendimiento: Se realizan pruebas de rendimiento a largo plazo en condiciones simuladas de funcionamiento para evaluar la estabilidad y la degradación de las celdas solares a lo largo del tiempo.
- Optimización del proceso: Se realizan ajustes en los parámetros de fabricación y diseño para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de las celdas solares.

2. Estudio de espectroscopía UV, VS, NIR

- Preparación de la muestra: su objetivo es garantizar una superficie limpia y homogénea (Alcohol etílico o isopropílico). Para muestras líquidas, se pueden diluir (metanol) o colocar en celdas de cuarzo o células de muestra adecuadas (Cloruro de sodio).
- Configuración del espectrómetro: Se selecciona un espectrómetro UV-VIS-NIR que pueda cubrir el rango espectral deseado, desde UV hasta NIR. Se elige una fuente de luz, puede ser una lámpara de deuterio para UV, una lámpara de tungsteno-halógeno para VIS y NIR, o incluso una fuente láser para aplicaciones especializadas. Se instalan las ópticas adecuadas, como monocromadores o filtros, para seleccionar las longitudes de onda de interés y dirigir la luz hacia la muestra. Se utiliza solución de ácido clorhídrico (HCl) para ajustar el pH de las soluciones de calibración y ácido nítrico para limpieza de partes ópticas.
- Adquisición de datos: Se mide el espectro de transmisión, absorbancia o reflectancia de la muestra en el rango UV-VIS-NIR. Se registran los datos espectrales utilizando un detector adecuado, como fotodiodos, fotomultiplicadores o detectores de matriz de carga acoplada (CCD).
- Análisis de datos: Se procesan los datos espectrales para eliminar el ruido y corregir cualquier efecto de fondo.
- Interpretación de resultados: Se correlacionan los datos espectrales con las propiedades macroscópicas y el comportamiento funcional de la muestra en diversas aplicaciones.

Se identificaron 37 sustancias químicas, las cuales deben cumplir con los estándares de seguridad y manejo adecuados, las recomendaciones del fabricante de los equipos utilizados y los protocolos de laboratorio para garantizar la precisión y la integridad de los resultados de la espectroscopía. Además, las muestras pueden requerir tratamientos químicos específicos para su preparación, como recubrimientos protectores o marcadores fluorescentes, dependiendo del tipo de análisis que se esté llevando a cabo. En la Tabla 1 se presentan las sustancias descritas y su uso en el laboratorio.

Tabla 1: Sustancias identificadas en el laboratorio de Celdas Solares.

| Sustancia | Función |
|-----------------------------|---|
| 1-Butanol | Solvente en la preparación de recubrimientos |
| Acetato de Etilo | Solvente en la preparación de materiales y recubrimientos |
| Acetato de Zinc Dihidrato | Fabricación de capas conductoras transparentes en celdas solares de película delgada |
| Acetona | Solvente para limpiar las superficies de los sustratos antes de aplicar recubrimientos |
| Acetonitrilo | Solvente en la fabricación de electrolitos y en la purificación de materiales |
| Ácido Acético | Limpieza de superficies y en procesos de grabado químico selectivo |
| Ácido Clorhídrico Fumante | Limpieza de sustratos y en procesos de grabado químico para ajustar las propiedades de las capas en las celdas solares. |
| Ácido Nítrico | Limpieza y grabado selectivo para preparar superficies de sustratos y materiales |
| Ácido Sulfúrico Fumante | Agente de grabado y en procesos de limpieza para preparar superficies de sustratos |
| Ácido Tungstico | Precursor para depositar capas de tungsteno en la fabricación de celdas solares de película delgada |
| Alcohol Etilico (Etanol) | Solvente para limpiar las superficies de los sustratos |
| Alcohol Isopropílico | Solvente para limpiar las superficies de los sustratos |
| Amoníaco | Fuente de iones amonio en la deposición de capas delgadas de materiales semiconductores |
| Antimonio | Dopante en la fabricación de materiales semiconductores para ajustar sus propiedades eléctricas |
| Carbonato De Potasio | Fabricación de capas delgadas de materiales como el óxido de zinc en celdas solares |
| Cloroformo (Triclorometano) | Solvente en la preparación de soluciones y recubrimientos |
| Cloruro De Amonio | Fuente de iones amonio en la deposición de películas delgadas |
| Dietiléter | Solvente en procesos de limpieza y en la preparación de materiales |

| Sustancia | Función |
|-----------------------------|---|
| Dimetilamina | Uno de los precursores en la síntesis de la perovskita, material semiconductor utilizado en las capas activas de las células solares perovskitas |
| Dimetilsulfóxido (DMSO) | Solvente o como aditivo en procesos de recubrimiento de capas delgadas. |
| Gallium (III) Selenide | Material semiconductor especialmente en dispositivos de capa delgada de composición de elementos múltiples. |
| Grafito | Material conductor en electrodos o sustratos en dispositivos de celdas solares |
| Hidruro de litio y aluminio | Material utilizado como electrolito sólido en algunas celdas solares de película delgada y en dispositivos de almacenamiento de energía. |
| Magnesio Peróxido | Fabricación de electrodos o materiales de almacenamiento de energía |
| Metanol | Solvente en procesos de limpieza y en la preparación de soluciones |
| N,N-Dimetilformamida | Solvente en la preparación de soluciones y recubrimientos |
| N-Methylformanilide | Solvente que puede utilizarse en procesos de recubrimiento de películas delgadas |
| Peróxido de hidrógeno | Limpieza y preparación de superficies |
| Plomo (II) tiocianato | Uno de los precursores en la síntesis de la perovskita en las células solares perovskitas, ayuda a formar la estructura cristalina de la perovskita en la capa activa del dispositivo, puede contribuir a mejorar la estabilidad y las propiedades fotovoltaicas de la perovskita, lo que puede resultar en un mejor rendimiento y durabilidad de dichas células solares. |
| Polietilenglicol | Aditivo en materiales o soluciones utilizadas en la fabricación de celdas solares para mejorar ciertas propiedades, como la dispersión de partículas. |
| Quinoleína | Dopante en la fabricación de celdas solares orgánicas para mejorar sus propiedades eléctricas y estabilidad. |
| Seleniuro di indio (III) | Material semiconductor utilizado en la fabricación de celdas solares fotovoltaicas. |
| Tetracloruro de estaño | Precursor para depositar capas de óxido de estaño dopado con flúor (FTO) |
| Tetrahidrofurano | Solvente en la preparación de soluciones y recubrimientos |
| Thiner | Solvente en la limpieza y preparación de superficies |
| Tolueno | Solvente en la preparación de soluciones y recubrimientos |
| Trietanolamina | Agente estabilizante o regulador de pH en soluciones |

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la aplicación del método COSHH Es-
sentials discriminado por cada sustancia química identificada.

Tabla 2: Nivel de riesgo resultante con base en COSHH Essentials.

| Sustancia | Frases H | Grado de peligro | Cantidad | Volatilidad | Nivel de riesgo |
|-----------------------------|---|------------------|----------|-------------|-----------------|
| 1-Butanol | H226, H302, H315, H318, H335, H336 | C | Media | Media | 3 |
| Acetato de etilo | H225, H319, H336 | A | Media | Media | 1 |
| Acetato de zinc dihidrato | H302, H410 | B | Pequeña | Baja | 1 |
| Acetona | H225, H319, H336 | A | Pequeña | Media | 1 |
| Acetonitrilo | H225, H302, H312, H332, H319 | B | Pequeña | Media | 1 |
| Ácido acético | H226, H314 | C | Media | Media | 3 |
| Ácido clorhídrico fumante | H314, H331 | C | Pequeña | Media | 2 |
| Ácido nítrico | H272, H314 | C | Pequeña | Media | 2 |
| Ácido sulfúrico fumante | H314 | C | Media | Baja | 2 |
| Ácido túngstico | * | A | Pequeña | Media | 1 |
| Alcohol etílico (Etanol) | H225 | A | Pequeña | Media | 1 |
| Alcohol isopropílico | H225, H319, H336 | A | Pequeña | Media | 1 |
| Amoníaco | H221, H280, H314, H331, H400 | C | Media | Alta | 3 |
| Antimonio | H351 | D | Pequeña | Media | 2 |
| Carbonato de potasio | H315, H319, H335 | C | Pequeña | Alta | 2 |
| Cloroformo (triclorometano) | H302, H315, H319, H331, H351, H361d, H372 | D | Media | Media | 4 |
| Cloruro De Amonio | H302, H319 | B | Pequeña | Alta | 1 |
| Dietileter | H224, H302, H336 | B | Pequeña | Alta | 1 |
| Dimetilamina | H225, H302 + H332, H314, H335 | C | Media | Media | 3 |
| Dimetilsulfóxido (Dmsó) | * | A | Pequeña | Baja | 1 |
| Gallium (III) Selenide | H301, H331, H373, H410 | C | Pequeña | Media | 1 |
| Grafito | * | A | Pequeña | Baja | 1 |

| Sustancia | Frases H | Grado de peligro | Cantidad | Volatilidad | Nivel de riesgo |
|-----------------------------|---|------------------|----------|-------------|-----------------|
| Hidruro De Litio Y Aluminio | H260, H314 | C | Pequeña | Media | 1 |
| Lead (II) Thiocyanate | H302 + H312 + H332, H360FD, H373, H410 | D | Pequeña | Media | 2 |
| Magnesio Peroxido | H272 | A | Pequeña | Baja | 1 |
| Metanol | H225, H301 + H311 + H331, H370 | C | Media | Media | 3 |
| N,N-Dimetilformamida (DMF) | H312 + H332, H319, H360 | D | Media | Baja | 3 |
| N-Metilformanilida | H302, H317 | C | Pequeña | Baja | 1 |
| Peróxido de hidrógeno | H271, H302 + H332, H314, H335 | C | Pequeña | Media | 2 |
| Polietilenglicol | * | A | Pequeña | Alta | 1 |
| Quinoleína | H302 + H312, H315, H319, H341, H350, H411 | E | Pequeña | Baja | 4 |
| Seleniuro di indio (III) | H301 + H331, H373, H410 | C | Pequeña | Alta | 2 |
| Tetracloruro de estaño | H314, H335, H412 | C | Pequeña | Alta | 2 |
| Tetrahidrofurano | H225, H319, H335, H351 | D | Media | Media | 4 |
| Thiner | H226, H319, H351 | D | Media | Media | 4 |
| Tolueno | H225, H304, H315, H336, H361d, H373 | D | Media | Media | 4 |
| Trietanolamina | H319 | A | Media | Baja | 1 |

* Sustancias cuyo peligro no ha sido clasificado y por tanto no dispone de Frase H.

Los resultados de la aplicación de la metodología muestran que casi la mitad de las sustancias identificadas fueron clasificadas en el nivel de riesgo 1 y precisan de ventilación general para su control; un 40% fueron clasificadas en el nivel de riesgo 2-3, requiriendo medidas consistentes en extracción localizada, y 5 sustancias presentaban un nivel de riesgo 4 y que son las que requieren de una evaluación cuantitativa dada su toxicidad.

Las propuestas de control asociadas para mitigar el riesgo identificado se realizaron en base a las fichas de consejos básicos desarrolladas por el Health and Safety Executive (HSE) ⁽¹³⁾ y la jerarquía de controles que propone el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) ⁽¹⁴⁾.

Tabla 3: Resultados generales de la aplicación del método.

| Nivel de riesgo | Número (%) de sustancias | Medida de control | Observaciones |
|-----------------|--------------------------|---|---|
| 1 | 17 (46%) | Ventilación general | No representan un riesgo inminente, cumplen la medida de control |
| 2 - 3 | 15 (40%) | Extracción localizada | Se debe realizar mantenimiento periódico a las cabinas de extracción |
| 4 | 5 (14%) | Mediciones ambientales de tipo cuantitativo | Se encuentran sustancias con efectos de tipo cancerígeno, mutagénico y tóxico para la reproducción, cuya normatividad requiere de manera obligatoria realizar mediciones higiénicas |

Para el nivel de riesgo 1, el único control requerido es “ventilación general”⁽⁸⁾ con el cumplimiento de este parámetro se podrá concluir la evaluación, sin embargo, la pirámide de jerarquía de controles que propone NIOSH y el decreto 1072 de 2015, las siguientes son las posibles acciones:

- Eliminación: No aplica
- Sustitución: No aplica
- Controles de Ingeniería: Ventilación general, haciendo uso de puertas, ventanas, o por medio de sistemas más robustos que permitan extraer aire mediante un ventilador⁽¹⁵⁾.
- Controles Administrativos:
 - » Orden y limpieza de la zona.
 - » Almacenar las sustancias químicas en un lugar seguro y señalizado.
 - » Proporcionar a los trabajadores información sobre la peligrosidad y manipulación segura de las sustancias químicas utilizadas.
 - » Proporcionar las FDS de las sustancias utilizadas.
 - » Disponer de un kit de derrames y capacitar al personal para su uso y manejo.
 - » Elementos de Protección Personal (EPP): facial, respiratoria, manual y ropa y calzado de labor.

Para el nivel de riesgo 2 son necesarias medidas específicas de prevención y protección, por ejemplo, extracción localizada⁽⁹⁾. Si se realiza el control propuesto, se puede dar por concluida la evaluación, se deben realizar los controles informados en el nivel de riesgo 1 y complementar con los siguientes controles:

- Eliminación: No aplica
- Sustitución: No aplica
- Controles de Ingeniería: Reemplazar la ventilación general por sistemas de extracción localizada en la fuente de exposición para capturar el polvo o vapores⁽¹⁶⁾.

- Controles Administrativos: Limitar el tiempo en que el trabajador está expuesto a la sustancia, aumentar la limpieza de las áreas de trabajo, "lo que reduce los contaminantes en el aire, la exposición cutánea y la ingestión" ⁽¹⁷⁾.
- Elementos de Protección Personal (EPP)¹: máscara de protección respiratoria con: 1) filtros que permitan retener de forma mecánica las sustancias químicas presentes en estado sólido como lo son los polvos y las fibras, así mismo el humo producto de la de ignición y humos metálicos) o en presentaciones de aerosoles líquidos como lo es la niebla; 2) filtración química específica para agentes químicos en forma de gases y vapores y/o 3) haciendo uso de ambos métodos incorporando los dos tipos de filtros anteriores.

Para el nivel de riesgo 3 es necesario manejar sistemas cerrados o hacer uso de sistemas de trabajo confinado, manejar presiones menores a la de la atmosfera para hacer más difícil la salida del contaminante al aire⁽⁸⁾, una vez realizada la medida propuesta, se puede dar por terminado el control. Sin embargo si se considera que la exposición es más baja que el valor límite establecido se puede confirmar los datos resultantes mediante procedimientos de estimación no específicos apoyándose en la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 ⁽¹⁸⁾. La aplicación de estos controles permitirá determinar la exigencia o no de establecer acciones preventivas adicionales. Aplicar los controles establecidos para el nivel de riesgo 2.

Finalmente, para el nivel de riesgo 4 hay que acatar los lineamientos normativos y legales, en especial para el caso de sustancias cancerígenas y/o mutagénicas de categorías 1 y 2. Para identificar si el agente químico cumple con alguna de estas condiciones, se tomó como referencia los criterios de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) (Tabla 4), y posteriormente se procedió a clasificar las sustancias identificadas en las categorías 1 o 2 de la IARC (Tabla 5).

Se identificó una sustancia con un alto grado de certeza de ser cancerígena para los seres humanos, por lo tanto y con base en la Resolución 3032 de 2022, y el artículo 2 del Decreto 2090 de 2003, para "trabajo con exposición a sustancias comprobadamente cancerígenas" se debe generar una estimación detallada del peligro a través del uso de mediciones ambientales de tipo cuantitativo siguiendo los criterios establecidos por la ACGIH⁽¹⁹⁾, se recomienda contar con el apoyo de un experto en higiene industrial.

Por otra parte, y en relación con la pirámide de jerarquía de controles, se deben realizar los controles informados anteriormente para el nivel de riesgo 1 y 2, y evaluar la posibilidad de sustituir las 5 sustancias listadas por otras menos nocivas. Así mismo reducir al máximo la cantidad de la sustancia a manipular y al igual que se recomendó con los agentes químicos clasificados en riesgo potencial 2, se debe hacer uso de los controles de ingeniería, controles administrativos y EPP.

¹ En Colombia el termino Elementos de Protección Personal (EPP), hace referencia a la traducida literal del inglés Personal Protective Equipment, sin embargo en terminología técnica como legal de prevención, en España, se habla de Equipos de Protección Individual, (EPI).

Tabla 4: Criterios para la clasificación de cancerígenos por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC)⁽¹⁹⁾.

| Clasificación de la IARC | | | |
|-------------------------------------|---|---|---|
| | 1A | 1B | 2 |
| Cancerígenos | Sustancia que se considera cancerígena de acuerdo a estudios epidemiológicos en poblaciones humanas | Sustancia que se considera cancerígena de acuerdo a experimentos en animales | Sustancia que se posiblemente puede ser cancerígena para las personas |
| Mutágenos | Sustancia que se distingue mutagénica de acuerdo a estudios epidemiológicos en poblaciones humanas | Sustancia que se distingue mutagénica de acuerdo a experimentos en animales | Sustancia que posiblemente podría ser mutagénica para las personas |
| Tóxicos para la reproducción | Sustancia que se considera tóxica para la reproducción en base a la existencia de estudios en humanos | Sustancia que se distingue tóxica para la reproducción en base a la existencia de pruebas en animales | Sustancia que posiblemente podría ser tóxica para la reproducción para las personas |

Tabla 5: Sustancias químicas identificadas en el laboratorio y clasificadas en las categorías 1 o 2 de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC)⁽²⁰⁾.

| | Categoría 1A | Categoría 2 |
|-------------------------------------|---------------------|---|
| Cancerígenos | Quinoleína | Cloroformo (triclorometano) Tetrahidrofurano Thiner |
| Mutágenos | | Quinoleína |
| Tóxicos para la reproducción | | Cloroformo (triclorometano) Tolueno |

Discusión

El método COSHH Essentials es una opción viable para estimar el riesgo a contaminantes químicos por inhalación en laboratorios⁽²¹⁾. Su enfoque estructurado guía a los usuarios a través de la caracterización de peligros⁽²³⁾, la estimación de riesgos⁽²⁴⁾ y la implementación de medidas de control efectivas⁽²⁵⁾. Adaptable a diferentes contextos y fácil de utilizar^(26, 27), se basa en principios científicos sólidos⁽²⁸⁾. Proporciona información detallada sobre los peligros asociados a las sustancias químicas⁽²⁹⁾ y recomienda medidas de control claras⁽³⁰⁾, convirtiéndose en un punto de partida para la evaluación de riesgos. No obstante, se deben considerar otros factores y herramientas para una evaluación completa⁽³¹⁾.

A pesar de sus ventajas, COSHH Essentials presenta ciertas limitaciones. Su evaluación cualitativa depende de la información de las FDS⁽²⁰⁾, cuya precisión puede verse afectada por la calidad y actualidad de estos datos. En el laboratorio evalua-

do, algunas sustancias carecían de FDS o contaban con fichas desactualizadas. Además, el método no considera todos los factores de exposición, como la dosis, duración y frecuencia de la exposición, la cantidad de sustancia química presente, y la eficacia de las medidas de control existentes, lo cual puede limitar su capacidad para evaluar con precisión el riesgo de exposición.

El enfoque cualitativo del método implica que no proporciona una evaluación cuantitativa precisa de la exposición por inhalación. Aunque suficiente para identificar riesgos y medidas de control generales, en algunos casos es necesario recurrir a técnicas más avanzadas para una evaluación detallada, complementando su uso con otras herramientas y enfoques para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores y el medio ambiente.

Conclusiones

El método COSHH Essentials es una herramienta valiosa para evaluar cualitativamente la exposición a sustancias químicas en el ambiente laboral por vía inhalatoria. Su enfoque práctico y simplificado permite identificar rápidamente los peligros y las acciones de intervención adecuadas para minimizar la exposición. Se basa en hojas de datos de seguridad (FDS) y se puede aplicar en diferentes entornos laborales. El método ha demostrado ser efectivo en la identificación temprana de peligros y en la implementación de medidas de control pertinentes, esto permite a los responsables de seguridad y salud en el trabajo tomar decisiones anticipadas para proteger la salud de los empleados expuestos a contaminantes químicos. Sin embargo se debe aclarar que su empleo es complementario a la evaluación cuantitativa la cual debe ser realizada por técnicos competentes.

Aunque presenta ventajas, el método COSHH Essentials tiene limitaciones. Su evaluación cualitativa depende de la calidad y actualidad de la información proporcionada por las FDS, así mismo se debe tener en cuenta que con la entrada en vigor del Reglamento REACH, en EUROPA, es obligatorio anexas los denominados escenarios de exposición a las fichas de datos de seguridad (para sustancias o mezclas comercializadas en más de 10 Tn/año). Además, no considera todos los factores que pueden influir en la exposición a sustancias químicas, lo que limita su capacidad para evaluar con precisión el riesgo de exposición, por lo que es importante considerar sus limitaciones y complementar su uso con otras herramientas y enfoques para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Conflicto de intereses

Se declara que en el desarrollo de la investigación no se invitó a personas o grupos vulnerables a participar como sujetos de investigación, se respetó la propiedad intelectual de los laboratorios como población objetivo y se trató la información recolectada conforme a los acuerdos de confidencialidad además, se contó con el aval emitido por el comité de ética de la Facultad de Enfermería de la Universidad Nacional de Colombia.

Bibliografía

1. Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio del Trabajo, et al. Política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas. Documento CONPES 3868. Bogotá (Colombia): Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia, 2016. [citado 21 Ene 2023]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3868.pdf>
2. American Chemical Society. Chemical abstracts service, 2020. [citado 21 Ene 2023]. Disponible en: <https://www.cas.org/cas-data/cas-registry>
3. DANE. Boletín técnico, encuesta anual manufacturera (EAM) 2020. Bogotá (Colombia), 2021. [citado 17 Mar 2022]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/boletin_eam_2020.pdf
4. Bestratén Manuel, Guardino X, Iranzo Y, Piqué T, Pujol L, Solórzano M, et al. Seguridad en el trabajo. Vol. Edición 2011. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2011. 1–504 p.
5. Varona ME, Torres CH, Díaz SM, Palma RM, Checa DM, Conde JV. State of the technical supply of services industrial hygiene and safety, Colombia, 2010. *Biomédica*. 2012;32:60–70.
6. Oleart P, Pou R, Rabassó J. Guía práctica: estudio preliminar nuevo enfoque en higiene industrial: La evaluación cualitativa. 2016.
7. Jiménez R, Mira G, Aguilar J, Sánchez MT, Sousa E, Bustinza JL, et al. Herramientas para la gestión del riesgo químico. Métodos de evaluación cualitativa y modelos de estimación de la exposición. Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2017. [citado 18 Ene 2022]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Herramientas+para+la+gestion+del+riesgo+quimico.pdf/ca44ff68-bde2-4b96-af67-1477f9f0bf76?t=1527065689115>
8. Aguilar J, Bernaola M, Gálvez V, Rams P, Sánchez MT, Sousa ME, et al. Riesgo químico: sistemática para la evaluación higiénica. Madrid: Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2010. [citado 18 Ene 2022]. Disponible en: <https://higieneyseguridadlaboralcv.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/12/riesgo-quc3admico-sistemic3a1tica-para-la-evaluac3b3n-higic3a9nica.pdf>.
9. Cavallé Oller N. Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Modelo COSHH Essentials. Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2012. [citado 18 Ene 2022]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/326879/936w.pdf/c077f591-702c-4df6-a9aa-066563b555d1>
10. Hernández R, Collado C, Baptista P. Metodología de la investigación. 6a ed. Mc Graw Hill, editor. Mexico D.F.; 2014. 1–634 p.

- 11.** Health and Safety Executive. Control of substances hazardous to health : the Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended): approved code of practice and guidance. 2013. 1–100 p.
- 12.** Albornoz V. C, Vilasau D. R, Alcaíno L. J, Beriostain H. F, Instituto Instituto de Salud Pública de Chile. Agentes químicos: criterios básicos para la aplicación de medidas de control a través de la evaluación cualitativa simplificada por exposición inhalatoria. metodología control banding. 2018 jun.
- 13.** Health and Safety Executive. COSHH essentials: Controlling exposure to chemicals-a simple control banding approach, 2019. [citado 25 Ene 2022]. Disponible en: www.hse.gov.uk/skin/
- 14.** The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Center for disease control and prevention, 2022. [citado 22 Sep 2022]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>
- 15.** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ventilación general. Control técnico 100, 2003. [citado 15 Oct 2022]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/123995/FCAQ+100+Ventilaci%C3%B3n+general.pdf>
- 16.** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ventilación por extracción localizada. Control Técnico 200, 2003.[citado 15 Dic 2022]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/123995/FCAQ+200+Ventilaci%C3%B3n+por+extracci%C3%B3n+localizada.pdf>
- 17.** Occupational Hygiene Training Association. Student manual control of hazardous substances, 2009. [citado 24 Oct 2022]. Disponible en: <https://aiha-assets.sfo2.digitaloceanspaces.com/AIHA/ohta-uploads/Training-Docs/W505-Control-of-Hazardous-Substances/JE02-v1-0-16Apr10-W505-Student-Manual.pdf>
- 18.** Asociación Española de Normalización. UNE-EN 689:2019+AC:2019: Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional. Madrid; 2019
- 19.** Universidad Pontificia Comillas. Manipulación de productos químicos cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción, 2020. [citado 4 Jun 2022]. Disponible en: https://www.comillas.edu/images/OPRL/serv_oprL_can_muta_toxicos.pdf
- 20.** ACGIH. Introduction to the chemical substances TLVs [Internet]. ACGIH, 2020. [citado 14 Nov 2022]. Disponible en: <https://www.acgih.org/tlv-bei-guidelines/tlv-chemical-substances-introduction>
- 21.** Gallego R. "Control banding": métodos simplificados de evaluación de agentes químicos. Revista Enfermería del Trabajo. 2011;1(1):42-4.
- 22.** Kim MU, Shin S, Byeon SH. Comparison of chemical risk assessment methods in South Korea and the United Kingdom. J Occup Health. 2015;57(4):339-45. doi: 10.1539/joh.14-0253-OA.

- 23.** Higashikubo I, Arito H, Ando K, Araki A, Shimizu H, Sakurai H. Control banding assessment of workers' exposure to indium and its compounds in 13 Japanese indium plants. *J Occup Health*. 2018;60(3):263–70. doi: 10.1539/joh.2017-0261-BR.
- 24.** Shi B, Su S, Wen C, Wang T, Xu H, Liu M. The prediction of occupational health risks of benzene in the printing industry through multiple occupational health risk assessment models. *Front Public Health*. 2022;10:1038608. doi: 10.3389/fpubh.2022.1038608
- 25.** Lee EG, Slaven J, Bowen RB, Harper M. Evaluation of the COSHH Essentials model with a mixture of organic chemicals at a medium-sized paint producer. *Ann Occup Hyg*;55(1):16-29. doi: 10.1093/annhyg/meq067.
- 26.** Riediker M, Ostiguy C, Triolet J, Troisfontaine P, Vernez D, Bourdel G, et al. Development of a control banding tool for nanomaterials. *J Nanomater*. 2012;2012(1):1–8.
- 27.** Scheffers T, Doornaert B, Berne N, van Breukelen G, Leplay A, van Miert E. On the Strength and Validity of Hazard Banding. *Ann Occup Hyg*. 2016;60(9):1049-1061. doi: 10.1093/annhyg/mew050.
- 28.** Shin S, Byeon SH. Review and Improvement of Chemical Hazard Risk Management of Korean Occupational Safety and Health Agency. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(17):9395. doi: 10.3390/ijerph18179395.
- 29.** Benyoub M, Saidi H, Yahiaoui H. Study of the risk management of mycotoxins “case Aflatoxine-Ochratoxine” by the development of a control banding model (COSHH Essentials). Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique; 2016.
- 30.** Gromiec JP, Kupczewska-Dobecka M, Jankowska A, Czerczak S. Predictive models for the assessment of occupational exposure to chemicals: a new challenge for employers. Vol. 64, *Medycyna Pracy*. Nofer Institute of Occupational Medicine; 2013. p. 699–716.
- 31.** Vaughan NP, Rajan-Sithamparanadarajah R. An Assessment of the Robustness of the COSHH-Essentials (C-E) Target Airborne Concentration Ranges 15 Years on, and Their Usefulness for Determining Control Measures. *Ann Work Expo Health*. 2017;61(3):270-283. doi: 10.1093/annweh/wxx002.
- 32.** Garrod ANI, Rajan-Sithamparanadarajah R, Phillips AM. COSHH Essentials: From concept to practical solution. *Ann Occup Hyg*. 2007;51(7):597-606. doi:10.1093/annhyg/mem046