GUÍA DE PRÁCTICAS LABORALES

PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A SÍLICE Y ASBESTO



CCS Consejo Colombiano de Seguridad
Instituto Nacional de Salud
Universidad del Rosario
Universidad Nacional de Colombia

GUÍA DE PRÁCTICAS LABORALES

PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A SÍLICE Y ASBESTO

Adriana Solano Luque
Presidenta ejecutiva

Maira Sarmiento Soto
Vicepresidenta técnica

Diana Marcela Pava Garzón
Directora general

Johana Esther Hernández Toloza
Directora de Investigación en Salud Pública

Elaboración: 2025

Publicación: 2026

Colombia

e-ISBN: 978-958-9223-18-5

Autores

Yuber Liliana Rodríguez Rojas
Fisioterapeuta, magíster en Salud y Seguridad en el Trabajo, doctora en Administración. Consultora del Consejo Colombiano de Seguridad.

Lidy Yadira Cetina Castillo
Ingeniera Industrial, especialista en Gerencia Ambiental y Prevención de Desastres, magíster en Salud y Seguridad en el Trabajo, candidata a doctora en Salud Pública. Consultora del Consejo Colombiano de Seguridad.

Eliana Milena Téllez Ávila
Bacterióloga, especialista en Gerencia de Proyectos, especialista en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo; magíster en Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo con componente en profundización. Instituto Nacional de Salud.

Ruth Marien Palma
Bacterióloga, especialista en Epidemiología, magíster en Salud Ambiental y Laboral. Instituto Nacional de Salud.

Jacqueline Mesa Sierra
Ingeniera Forestal, especialista en Gestión medioambiental, magíster en Salud y Seguridad en el Trabajo. Gerente técnica del Consejo Colombiano de Seguridad (CCS).

Carolina Antolinez Figueroa
Enfermera, magíster en Salud y Seguridad en el Trabajo. Líder técnica del Consejo Colombiano de Seguridad (CCS).

Jeadran Malagón Rojas
Médico, magíster en Salud Ocupacional y Ambiental, doctor en Salud Pública. Instituto Nacional de Salud.

Marcela Eugenia Varona
Médica, toxicóloga, doctora en Ciencias Biológicas. Universidad del Rosario.

Esperanza Muñoz
Enfermera, especialista en Salud Ocupacional, magíster en Educación, magíster en Salud Púbica y doctora en Salud Pública. Universidad Nacional de Colombia.

Apoyo en la recolección de datos
Leidy Carolina Muñoz Ramos
Analista de Proyectos (CCS)

Revisión y corrección de estilo
Lizeth Viviana Salamanca Galvis (CCS)
Bibiana Alarcón Guerrero

Diseño y diagramación
Daniel Murillo Hernández (CCS)

Fotografías
Envato

Contenido

Introducción **11**

Alcance **11**

Público objetivo **11**

Parte I. Dirigida a los responsables del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en el sector de la construcción **12**

Capítulo 1. Fundamentos conceptuales y normativos de la exposición a sílice y asbesto **16**

Generalidades 16
¿Qué es la sílice? 16
Efectos en salud 19
¿Qué es el asbesto? 20
Efectos en salud 24
Marco normativo aplicable para sílice y asbesto en Colombia 25

Capítulo 2. Planificación del trabajo que implica exposición a sílice y asbesto **28**

Roles y responsabilidades 29

Capítulo 3. Gestión de riesgos derivados de la exposición a sílice y asbesto **34**

Identificación de peligros 35
1. Inspección inicial 36
2. Identificación de áreas con sílice o asbesto 36
3. Identificación de materiales sospechosos 36
4. Toma de muestras (confirmación en laboratorio) 36
5. Evaluación de la magnitud de la exposición 36

Métodos de evaluación de la exposición a sílice y asbesto 36
1. Métodos cualitativos 37
2. Métodos cuantitativos 46

Controles y medidas de prevención frente a la exposición a sílice y asbesto 65
Eliminación y sustitución: controles en la fuente del riesgo 68

CCS Consejo Colombiano de Seguridad | Instituto Nacional de Salud | Universidad del Rosario | Universidad Nacional de Colombia

Controles de ingeniería 70

1. Ventilación de propósito general 70
2. Ventilación Localizada (LEV) 70
3. Aspiración 72
4. Humectación 73
5. Encapsulamiento de materiales y fibras 74
6. Diseño de encerramientos 76
7. Diseño de zonas de descontaminación 76
8. Definición de áreas de descontaminación 77

Controles administrativos 77

1. Plan de manejo del asbesto y sílice 77
2. Programa de comunicación de riesgos (señalización, educación y entrenamiento de los trabajadores) 79
3. Señalización 79
4. Capacitación 79
5. Lavado de ropa de trabajo 80
6. Descontaminación de los trabajadores 82
7. Mantenimiento, orden y limpieza *(housekeeping)* 83
8. Disposición de residuos peligrosos (solo para asbesto) 84
9. Diseño de procedimiento de trabajo seguro y programas para el abordaje 86
10. Cotización y pago de aportes de pensión especial de vejez por ejecución de trabajos de alto riesgo 87
11. Organización del trabajo (turnos, rotación y realización de tareas) 88
12. Documentación y seguimiento de la historia de exposición ocupacional 89

Controles en el trabajador 93

1. Elementos de Protección Personal (EPP) para trabajo seguro con sílice y asbesto 93
2. Programa de protección respiratoria 96
3. Controles al estado de salud (vigilancia de las condiciones de salud de los trabajadores expuestos a sílice o asbesto) 99

Capítulo 4. Exposición extralaboral y contexto ampliado de riesgo 108

1. Identificación de fuentes de exposición ambiental 108
2. Identificación de fuentes de exposición paraocupacional 112
3. Identificación de exposición secundaria - segunda ocupación 112

Parte II. Dirigida a los trabajadores del sector de la construcción 114

Capítulo 1. Generalidades para la identificación del peligro asociado a la exposición a sílice y asbesto 116

¿Qué son sílice y el asbesto y cómo identificarlos? 116
¿Qué es la sílice? 116
1. ¿Dónde la encuentra en su trabajo? 116
2. ¿Cuándo es peligrosa? 116
¿Qué es el asbesto? 116
1. ¿Dónde lo encuentra en su trabajo? 116
2. ¿Cuándo es peligroso? 117
3.¿Cuándo sospechar que hay asbesto? 117
¿Qué se debe hacer al identificar condiciones o materiales sospechosos? 117
Efectos en la salud por exposición a sílice y asbesto 117
¿Cuáles son los efectos? 115
Factores que aumentan el riesgo de enfermarse 118
Condiciones de salud, signos y síntomas de alarma y reporte 119
1. Signos y síntomas de alerta de posible enfermedad 119
2. ¿Qué hacer si presenta estos síntomas? 119

Capítulo 2. Medidas de control a implementar para reducir la exposición a sílice y asbesto 120

Roles y responsabilidades 120
Controles a implementar en el lugar de trabajo 120
1. Controles en la fuente 120
2. Controles administrativos 121
3. Controles en el trabajador 121
Referencias 124

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Estructura de los capítulos de la guía conforme al ciclo PHVA 14

Tabla 2. Enfermedades laborales que pueden originarse por exposición a sílice libre de óxido de silicio (SiO^2) 20

Tabla 3. Enfermedades laborales que pueden originarse por exposición a asbesto 24

Tabla 4. Marco normativo aplicable para la gestión del riesgo por exposición a sílice y asbesto 25

Tabla 5. Fases de la planificación del proyecto de obra cuando hay posible exposición a sílice o asbesto 28

Tabla 6. Responsabilidades de diferentes roles frente a la exposición a sílice y asbesto en el marco del SG-SST 30

Tabla 7. Lista de chequeo de la implementación del proceso de planificación 32

Tabla 8. Pasos para evaluación cualitativa de la exposición a sílice y asbesto 37

Tabla 9. Metodologías para la evaluación cualitativa de la exposición a sílice y asbesto 39

Tabla 10. Principales materiales usados en construcción con posible contenido de sílice o asbesto 40

Tabla 11. Criterios de determinación de friabilidad de materiales con contenido de asbesto 42

Tabla 12. Ejemplo de matriz de identificación de peligros de sustancias químicas 43

Tabla 13. Métodos analíticos, tiempos de muestreo para la evaluación de la exposición y TLVs para polvo con contenido de sílice y asbesto 49

Tabla 14. Ventajas de aplicación de cada método analítico 51

Tabla 15. Número de trabajadores en el GES con el número mínimo de muestras a tomar 52

Tabla 16. Equipos para el muestreo 59

Tabla 17. Categorización de los rangos de exposición 61

Tabla 18. Ejemplo de cálculo del nivel de riesgo frente a exposición a mezclas de diferentes agentes químicos con efectos aditivos 63

Tabla 19. Posibles materiales sustitutos de la sílice 68

Tabla 20. Ejemplo de posible sustitución de agente/procedimiento 69

CCS Consejo Colombiano de Seguridad | Instituto Nacional de Salud | Universidad del Rosario | Universidad Nacional de Colombia

Tabla 21. Posibles materiales sustitutos del asbesto ... 69

Tabla 22. Sistemas de extracción y aspiración en actividades de la construcción con liberación de polvo y fibras ... 72

Tabla 23. Técnicas de humectación ... 73

Tabla 24. Métodos de encapsulamiento de materiales con contenido de asbesto ... 74

Tabla 25. Métodos de encapsulamiento de materiales con contenido de sílice ... 75

Tabla 26. Aspectos para considerar en el manejo adecuado de la ropa de trabajo ... 80

Tabla 27. Infraestructura y procedimientos de control para la exposición a sílice y asbesto ... 82

Tabla 28. Programa de mantenimiento y *housekeeping* para el control de la exposición a sílice y asbesto ... 83

Tabla 29. Pasos para la disposición de residuos de asbesto y sílice en obras de construcción ... 86

Tabla 30. Programas para el abordaje de la exposición a sílice o asbesto ... 87

Tabla 31. Consideraciones para la organización de turnos, rotación y realización de tareas ... 88

Tabla 32. Aspectos clave en cuanto a documentación y seguimiento de la exposición ocupacional ... 89

Tabla 33. Ejemplo de organización de una matriz de exposición laboral ... 90

Tabla 34. Factores de protección asignados por tipo de respiradores ... 94

Tabla 35. Elementos clave de un programa de protección respiratoria ... 96

Tabla 36. Cuestionario de síntomas respiratorios ... 100

Tabla 37. Pruebas realizadas para el tamizaje y diagnóstico de efectos en salud derivados de la exposición a sílice y asbesto ... 102

Tabla 38. Periodo de latencia exposición a sílice ... 104

Tabla 39. Periodo de latencia exposición a asbesto ... 104

Tabla 40. Programa de Vigilancia Epidemiológica de la exposición a sílice y asbesto ... 104

Tabla 41. Elementos para un Programa de Cesación Tabáquica/Política de Prevención del Consumo de Tabaco ... 106

Tabla 42. Ubicación del asbesto en construcciones posteriores a 1942 ... 109

Tabla 43. Descripción detallada de enfermedades ... 117

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Formas de sílice cristalina y principales efectos en salud 16
Figura 2. Principales usos de la sílice cristalina 17
Figura 3. Material con contenido de sílice usado en el sector de la construcción 18
Figura 4. Tipos de asbesto, usos y sus principales efectos en salud 21
Figura 5. Material con contenido de asbesto en el sector 23
Figura 6. Proceso de gestión de peligros y riesgos 34
Figura 7. Etapas de la identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos – sílice y asbesto 35
Figura 8. Actividades estratégicas en la gestión y dirección del proceso 47
Figura 9. Procedimiento para definir Grupos de Exposición Similar (GES) 47
Figura 10. Jerarquización de controles 65
Figura 11. Flujograma de la jerarquización de controles por exposición a sílice y/o asbesto 67
Figura 12. Ventilación localizada 71
Figura 13. Aplicación, descripción y eficiencia de la Ventilación Localizada (LEV) 71
Figura 14. Sistemas de aspiración 72
Figura 15. Encapsulamiento de materiales y fibras 74
Figura 16. Diseño de zonas de descontaminación 76
Figura 17. Gestión de los residuos de asbesto y sílice 85
Figura 18. EPP trabajo seguro con sílice y asbesto 93
Figura 19. Mascarillas filtrantes 94
Figura 20. Mascara media cara 95
Figura 21. Equipo motorizado asistido 95
Figura 22. Traje tipo Tyvek 96
Figura 23. Ejemplos de respiradores (filtro P100 y filtro HEPA) 122
Figura 24. Prueba de ajuste cuantitativa 122

Abreviaturas

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists

ADN: ácido desoxirribonucleico

AIHA: Asociación Estadounidense de Higiene Industrial (American Industrial Hygiene Association)

ARL: Administradoras de Riesgos Laborales

ATSDR: Agencias para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades

CAS: Chemical Abstracts Service

CCOHS: Canadian Centre for Occupational Health and Safety

CF: Fibrocemento

COPASST: Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo

CP: cáncer de pulmón

DGUV: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

DIAN: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales

DLCO: difusión de monóxido de carbono

ECRES: Evaluación cualitativa del riesgo de exposición a Sílice

EPA: Environmental Protection Agency

EPP: Elementos de Protección Personal

FDS: Fichas de Datos de Seguridad

FVC: capacidad vital forzada

GATISST: Guías de Atención Integrales en Seguridad y Salud en el Trabajo

GES: Grupos de Exposición Similar

GTC: Guía Técnica Colombiana

HEPA: High Efficiency Particulate

HRCT: Tomografía computarizada de alta resolución

HSE: Health and Safety Executive

HSI: imagen hiperespectral

IARC: International Agency for Research on Cancer

ICA: International Chrysotile Association

INSST: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España

IOHA: Asociación Internacional de Higiene Ocupacional

ISCO: Clasificación Internacional Estándar de Ocupaciones

LEP: Límites de Exposición Permisible

LEV: Ventilación Localizada

LLNL: Laboratorio Nacional Lawrence Livermore

MCA: Materiales con Contenido de Asbesto

Micro-XRF: microfluorescencia de rayos X

MM: mesotelioma maligno

MPM: mesotelioma pleural maligno

NIH: National Institutes of Health

NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health /Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional

OIT: Organización Internacional del Trabajo

OMS: Organización Mundial de la Salud

Abreviaturas

ONAC: Organismo Nacional de Acreditación de Colombia

OSHA: Occupational Safety and Health Administration

PAT: Proficiency Analytical Testing

PHVA: Planear, Hacer, Verificar, Actuar

PLM: microscopía óptica de contraste de (por sus siglas en inglés, Polarized Light Microscopy)

PVE: Programas de Vigilancia Epidemiológica

PYMES: Pequeñas y Medianas Empresas

SEM: microscopía electrónica de barrido

SGA: Sistema Globalmente Armonizado

SGRL: Sistema General de Riesgos Laborales

SG-SST: Sistema de gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Sivecao: Sistema de Vigilancia Epidemiológica de las Condiciones de Salud y Ambiente Ocupacional

SST: Seguridad y Salud en el Trabajo

TEM: microscopía electrónica de transmisión

TLC: capacidad pulmonar total

TLV o VLP: Valor Límite Permisible

USGS: National Minerals Information Center

VAT: abordajes endobronquiales, transbronquiales y videotoracoscópicos



Introducción

La exposición a sílice cristalina respirable y asbesto representa uno de los riesgos más significativos y complejos para la salud de los trabajadores en el sector de la construcción, siendo causa de enfermedades graves e irreversibles (Boadu et al., 2023; Schlünssen et al., 2023; Seyyedsalehi & Boffetta, 2024). Ante la necesidad imperante de contar con herramientas efectivas para su control, es esencial no solo conocer las obligaciones legales, sino también saber cómo implementarlas de manera práctica y eficaz en el día a día de una obra.

En respuesta a este desafío, surge la presente guía como producto principal de la investigación titulada 'Caracterización de las condiciones de trabajo y las prácticas asociadas a la exposición a sílice y asbesto en el sector de la construcción'. Este documento es el resultado de una revisión de la literatura científica y técnica, el análisis del marco normativo y el desarrollo de las fases cualitativa y cuantitativa del proyecto de investigación en mención.

Esta guía busca proporcionar lineamientos claros, acordes con la normatividad, aplicables y prácticos tanto para empleadores como para trabajadores del sector de la construcción, con un enfoque en la gestión del riesgo frente a la exposición a sílice y asbesto.

Alcance

Esta guía ofrece una hoja de ruta integral para la gestión preventiva de la exposición a sílice y asbesto en el sector construcción. Está divida en dos apartados: uno dirigido a los empleadores o responsables del SG-SST en la empresa y otro a trabajadores.

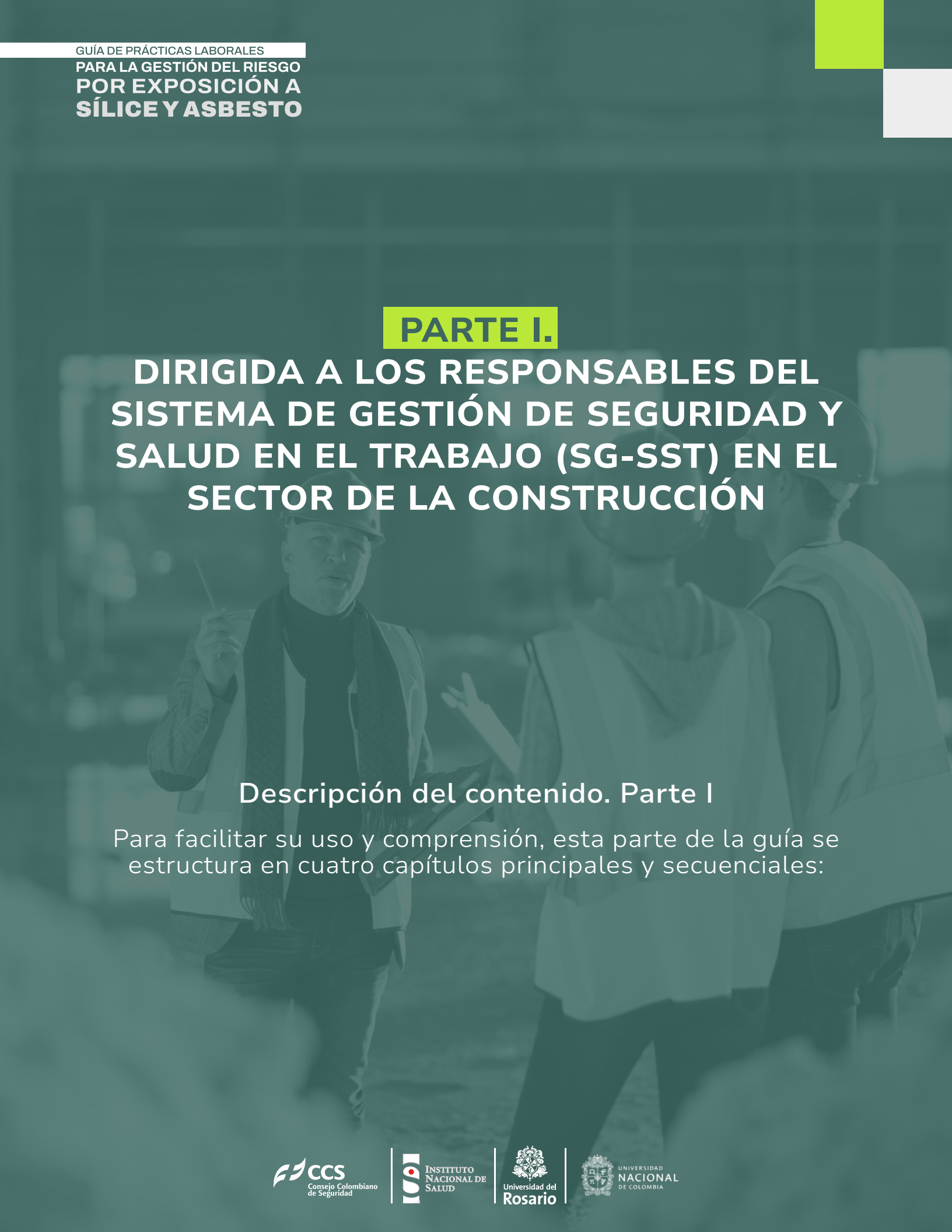
Público objetivo

La primera parte de la guía está dirigida a todos los responsables del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en el sector de la construcción, incluyendo empleadores, directivos, supervisores, personal HSEQ (Salud, Seguridad, Ambiente y Calidad), técnicos y demás encargados de la seguridad en el sitio de trabajo y la segunda, a todos los trabajadores independientemente de su tipo de vinculación laboral.



PARTE I.

DIRIGIDA A LOS RESPONSABLES DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SG-SST) EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN



Descripción del contenido. Parte I

Para facilitar su uso y comprensión, esta parte de la guía se estructura en cuatro capítulos principales y secuenciales:

CCS Consejo Colombiano de Seguridad
Instituto Nacional de Salud
Universidad del Rosario
Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 1. Fundamentos conceptuales y normativos de la exposición a sílice y asbesto

Se presentan los conceptos y generalidades de la sílice y el asbesto en el contexto laboral, se describen los desenlaces en salud derivados de la exposición ocupacional a estas sustancias, así como las enfermedades asociadas a cada uno de estos agentes como la silicosis, silico-tuberculosis y cáncer relacionadas con la exposición a la sílice y la asbestosis, mesotelioma maligno y cáncer vinculados con la exposición al asbesto. Finalmente, se presenta el marco normativo y técnico aplicable al control de estas sustancias, la mitigación del riesgo y la prevención de enfermedades derivadas de esta exposición.

Capítulo 2. Planificación del trabajo que implica exposición a sílice y asbesto

Expone el proceso para realizar la planificación de actividades que implican exposición a sílice y asbesto, incluyendo la definición del alcance y objetivo del proyecto, la asignación de recursos, la evaluación preliminar e identificación de peligros, la planificación operativa, el plan de comunicación, el plan de emergencia, la gestión del cambio y la gestión documental.

Capítulo 3. Gestión de riesgos derivados de la exposición a sílice y asbesto

Describe las principales metodologías cualitativas y cuantitativas, para identificar peligros, evaluar y valorar los riesgos derivados de la exposición ocupacional a sílice y asbesto, orientándose en su gestión. Adicionalmente, detalla las medidas para la prevención, reducción o eliminación del riesgo. Se presenta la jerarquización de controles en la fuente, de ingeniería, controles administrativos y en el trabajador.

Capítulo 4. Exposición extralaboral y contexto ampliado de riesgo

Aborda las condiciones de exposición fuera del campo laboral. Se revisan fuentes ambientales, domésticas y paraocupacionales que deben ser identificadas, registradas y consideradas como exposiciones que pueden potenciar los efectos en salud de los trabajadores.

En la Tabla 1 se presenta la información estructurada en los capítulos conforme al ciclo PHVA, proceso sistemático bajo el cual debe estar estructurado el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo de las empresas.

Tabla 1. Estructura de los capítulos de la guía conforme al ciclo PHVA

Fase PHVA	Descripción de la fase	Capítulo(s) y secciones relevantes	Contenido de la guía
Planificar	En esta fase se realiza la planificación del trabajo a realizar, documentando todo el proceso.	Capítulo 1. Bases conceptuales y normativas de la exposición a sílice y asbesto	Establecimiento del contexto, conceptos, efectos en la salud (silicosis, asbestosis, cáncer, etc.), y el marco legal.
		Capítulo 2. Prácticas laborales para la planificación de trabajos que implican exposición a asbesto y sílice.	Define la planificación del trabajo, que es fundamental antes de iniciar las actividades: • Definición del alcance y objetivo del proyecto • Planificación de recursos • Evaluación preliminar e identificación del peligro • Fases para la planificación del proyecto • Revisión del cumplimiento normativo y legal • Plan de comunicación del riesgo • Plan de emergencias • Gestión documental • Gestión del cambio
		Capítulo 3. Gestión de riesgos derivados de la exposición a sílice y asbesto.	Incluye la gestión de peligros y riesgos, la evaluación y valoración de riesgos con métodos cualitativos (bandas de control) y métodos cuantitativos. Planificación de los controles.

Fase PHVA	Descripción de la fase	Capítulo(s) y secciones relevantes	Contenido de la guía
Hacer	En esta fase deben implementarse todas las acciones destinadas a la identificación del peligro y evaluación del riesgo derivado de la exposición	Capítulo 3. Gestión de riesgos derivados de la exposición a sílice y asbesto.	Implementación de las medidas de control. Se centra en la jerarquización de controles: • Controles en la fuente: eliminación y sustitución. • Controles de ingeniería: ventilación, humectación, encapsulamiento, etc. • Controles administrativos: programas de comunicación del riesgo (capacitación), lavado de ropa, procedimientos de trabajo seguro, organización del trabajo, etc., Vigilancia de las condiciones de salud de los trabajadores; programa de cesación tabáquica/política de prevención del consumo de tabaco (como medida complementaria de intervención). • Controles en el trabajador: elementos de Protección Personal (EPP) y programa de protección respiratoria. Identificación de fuentes de exposición ambiental y paraocupacional para una gestión integral y mejora del control global del riesgo.
Verificar	En esta fase se debe realizar el monitoreo y seguimiento de cada una de las medidas de control implementadas y de los indicadores de vigilancia epidemiológica.	Capítulo 3. Gestión de riesgos derivados de la exposición a sílice y asbesto.	Verificar la efectividad de los controles sobre el estado de salud de los trabajadores expuestos. Realizar el seguimiento de la historia de exposición ocupacional.
Actuar	El proceso culmina y se reinicia con la etapa de la planeación (revisar y actualizar), que enfatiza la naturaleza dinámica de la gestión de riesgos, requiriendo una evaluación continua para mejorar las estrategias y asegurar su efectividad a lo largo del tiempo.	Capítulo 2. Planificación del trabajo que implica exposición a sílice y asbesto.	Actualizar la documentación y planificación del proyecto de obra con respecto a la exposición a sílice y asbesto
		Capítulo 3. Gestión de riesgos derivados de la exposición a sílice y asbesto.	Actualizar la evaluación de la exposición ocupacional y los controles implementados conforme a la efectividad de la vigilancia epidemiológica, el inicio de un nuevo proyecto de obra y de la normatividad vigente.

Capítulo 1. Fundamentos conceptuales y normativos de la exposición a sílice y asbesto

Generalidades

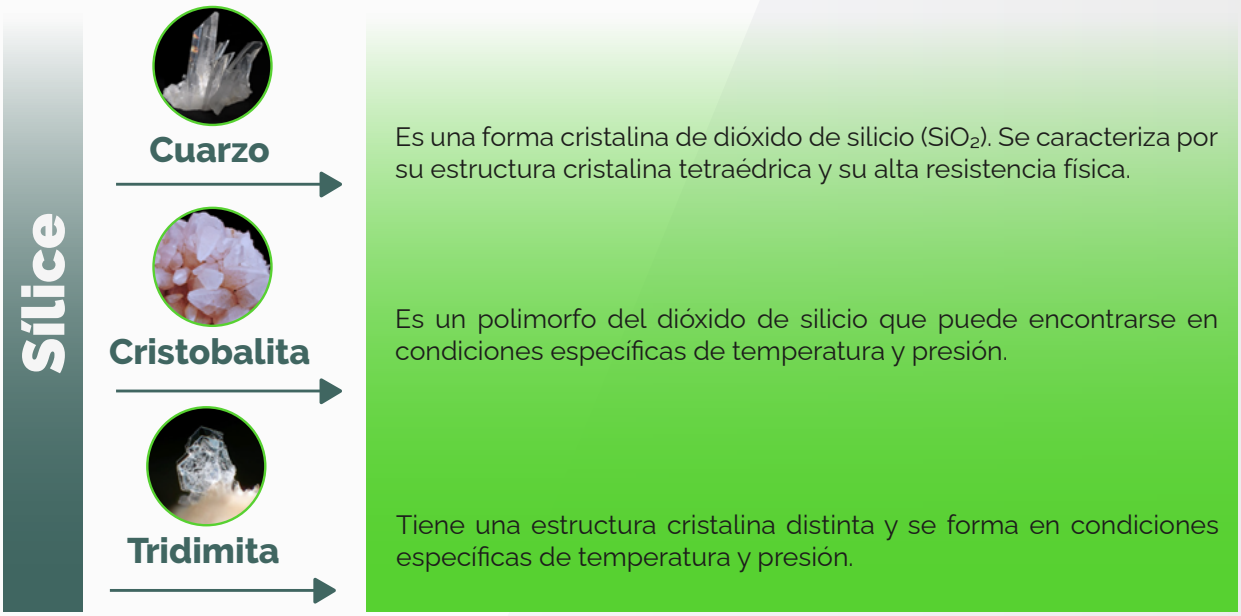
La sílice cristalina y el asbesto son minerales que han sido utilizados a través del tiempo en el sector de la construcción por sus propiedades. Sin embargo representan un riesgo importante para salud de los trabajadores al ser manipulados sin los controles adecuados, por lo que, para gestionar eficazmente un riesgo, es indispensable primero identificarlo, conocerlo y comprender el marco normativo regulatorio aplicable.

¿Qué es la sílice?

La sílice es un mineral compuesto principalmente por dióxido de silicio (SiO_2), se presenta en la naturaleza en formas cristalinas y amorfas como el cuarzo, la cristobalita y la tridimita (The National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 2024).

La sílice cristalina es la más común en aplicaciones industriales y de construcción, puede ser peligrosa para la salud si se inhala, especialmente en forma de polvo durante actividades como el corte, perforación o molienda de materiales que lo contienen (The National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 2024). En la figura 1 se describen las diferentes formas de la sílice y los principales efectos en salud.

Figura 1. Formas de sílice cristalina y principales efectos en salud



Fuente: *elaboración propia con información de Occupational Safety and Health Administration [OSHA] (2016a).*

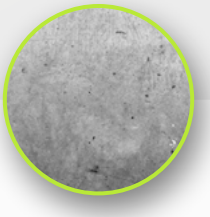
La exposición a sílice cristalina a nivel laboral se puede producir en cualquier situación de trabajo en la que se genere polvo respirable que migre al ambiente (Rey-Brandariz et al., 2023).

Algunos usos de la sílice cristalina en la industria de la construcción, debido a sus propiedades físicas y químicas, se describen en la figura 2.

Figura 2. Principales usos de la sílice cristalina

Agente aglutinante y relleno en concreto y cemento

El cuarzo se utiliza como relleno en la mezcla de concreto y cemento debido a su resistencia y durabilidad. Ayuda a mejorar las propiedades mecánicas del concreto y facilita su manejo durante la construcción (OSHA, 2016b).



Componente en morteros y adhesivos

La sílice cristalina puede encontrarse en morteros y adhesivos como un agente de unión y refuerzo. Contribuye a la adherencia y estabilidad de estos materiales utilizados ampliamente en la construcción (ACGIH, 2023).



Revestimientos y pinturas

En forma de sílice amorfa, la sílice cristalina se utiliza en revestimientos y pinturas debido a su capacidad para mejorar la resistencia a la abrasión y proporcionar propiedades de barrera contra la humedad y los contaminantes (HSE, 2021).



Fuente: *elaboración propia a partir de información de American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH] (2023); Health and Safety Executive [HSE] (2021); OSHA (2016b).*

En la figura 3 se presentan los principales materiales utilizados en el sector de la construcción con contenido de sílice.

Figura 3. Material con contenido de sílice usado en el sector de la construcción



Fuente: *elaboración propia a partir de Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2021); OSHA (2016b).*

En la industria de la construcción, actividades como el corte, perforación y molienda de concreto y cemento, así como el manejo de ladrillos y bloques de hormigón, liberan partículas de sílice cristalina derivadas del cuarzo presente en estos materiales (American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH], (2023); Health and Safety Executive [HSE], (2021); OSHA, 2016b). Además, el corte y pulido de piedra natural y artificial, como el granito y el mármol, así como la manipulación de cerámicas y azulejos que contienen cristobalita, también pueden generar exposiciones significativas (OSHA, 2016b).

Al comparar los resultados de estudios realizados referentes a la concentración de sílice respirable por exposición ocupacional, con los límites de exposición establecidos en los TLV definidos por la ACGIH para sílice cristalina (0,025 mg/m³) fracción respirable (ACGIH, 2024), se puede identificar que las ocupaciones con mayor exposición a sílice cristalina respirable corresponden a cargos relacionados con el sector de la construcción. Entre los que mayor concentración presentaron en el momento de las pruebas fueron: rectificado convencional sin control (61,7 mg/m³); corte de concreto (10,0 mg/m³); perforación de pavimento de concreto de carretera (3,3 mg/m³); granallado abrasivo de estructuras de concreto (2,8 mg/m³); concreto acabado (molienda) (1,16 mg/m³), y trabajadores de demolición (1,1 mg/m³), (IARC, 2012), siendo las actividades críticas que deben tenerse en cuenta para la gestión del riesgo.

La presencia y uso de medidas de control, como la ventilación local y la aspersión de agua, se asocian con niveles de exposición más bajos, destacando la importancia de implementar y mantener adecuadamente estos controles en los sitios de trabajo (Gorman et al., 2023).

En Colombia, el Ministerio del Trabajo expidió la Resolución 2467 de 2022, mediante la cual se adopta un reglamento destinado a la prevención de riesgos asociados con la exposición a la sílice cristalina respirable (Ministerio del Trabajo, 2022); reflejando el compromiso del país de salvaguardar la salud y el bienestar de los trabajadores al establecer pautas específicas y protocolos para mitigar los riesgos vinculados a dicha exposición. Este enfoque regulatorio es congruente con las tendencias internacionales orientadas a gestionar de manera efectiva y segura los peligros ligados a la presencia de la sílice cristalina en entornos laborales.

Efectos en salud

La sílice cristalina representa un riesgo para la salud de los trabajadores, principalmente por la liberación de partículas de aerosoles gruesos (diámetro mayor a 10 µm), finos (diámetro oscila entre 2,5 µm y 10 µm) y ultrafinos (diámetro inferior a 2,5 µm), que pueden ser respirables y al ser inhaladas llegar a lo más profundo del sistema respiratorio, sin ser visibles a simple vista (Miao et al., 2024), siendo las partículas menores a 5 µm las que tienen mayor capacidad de penetrar profundamente en los pulmones cuando son inhaladas (Marques Da Silva et al., 2022).

La silicosis es la principal enfermedad que puede desarrollarse por exposición a sílice cristalina (Marques Da Silva et al., 2022). Es un tipo de neumoconiosis caracterizada por la inflamación y fibrosis progresiva del tejido pulmonar (Marques Da Silva et al., 2022).

La sílice está clasificada como carcinógeno humano (grupo 1) por la IARC, y se ha vinculado con el desarrollo de cáncer de pulmón (IARC, 2025). También se ha asociado con un mayor riesgo de tuberculosis, enfermedades autoinmunes como la artritis reumatoide y enfermedades renales crónicas (Pfau et al., 2014).

En Colombia se consideran enfermedades laborales directas por exposición a sílice las establecidas en la tabla 2 de acuerdo con lo establecido por el Decreto 1477 de 2014.

Tabla 2. Enfermedades laborales que pueden originarse por exposición a sílice libre de óxido de silicio (SiO2)

Ocupación	Enfermedad
• Trabajos de minería y obras públicas que comportan perforaciones, extracción, transporte, molienda, tamizado de minerales o rocas que contienen sílice libre. • Tallado y pulido de rocas que contienen sílice libre. • Fabricación y uso de productos abrasivos, de polvos de limpieza, de esmeriles y pastas de pulir que contienen sílice libre, en la industria metalúrgica, la joyería y la preparación de prótesis dentales metálicas. • Trabajos de corte y pulido en seco de materiales que contienen sílice. • Extracción, molienda y utilización de cuarzo como materia prima, carga o componente de otros productos como el vidrio, la porcelana y la cerámica. • Trabajos de fundición con exposición a los polvos de la arena de moldeo, en la preparación de moldes, el moldeo propiamente como tal y la extracción de las piezas moldeadas. • Trabajos de decapado y pulido por medio de chorro de arena. • Trabajos de construcción y demolición que exponen a la inhalación de sílice libre.	• Neoplasia maligna de bronquios y de pulmón (C34). • Enfermedad cardiaca pulmonar sin especificar (127,9) (cor pulmonale). • Otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (incluye asma obstructiva, bronquitis obstructiva crónica) (J44). • Silicosis (J62). • Neumoconiosis asociada con tuberculosis. • Tuberculosis (J63.8). • Síndrome de Caplan (J99.1; M05.3).

Fuente: *elaboración propia a partir de Presidencia de la República de Colombia, 2014.*

Es importante identificar aspectos como:

- Tamaño de las partículas de sílice cristalina: a menor tamaño, mayor riesgo (Li et al., 2022).
- Cantidad de polvo con contenido de sílice cristalina que se encuentra en el ambiente: a mayor cantidad o concentración, mayor riesgo (Abad et al., 2018; Requena-Mullor et al., 2021).
- Tiempo de exposición (Collatuzzo et al., 2023) y nivel de exposición.

Con respecto al cáncer de pulmón, el riesgo aumenta en exposiciones elevadas o acumuladas (Collatuzzo et al., 2023), siendo importante mencionar, que no hay un umbral completamente seguro y que la reducción de la exposición es una acción esencial para la prevención (Rey-Brandariz et al., 2023).

¿Qué es el asbesto?

El asbesto o también conocido como amianto es un grupo de fibras minerales de silicato de origen natural de las series serpentina y anfibolita. Estas incluyen el mineral serpentino crisotilo (asbesto blanco) y los cinco minerales anfibolíticos: actinolita, amosita (asbesto marrón), antofilita, crocidolita (asbesto azul) y tremolita (IARC, 2012)(ver figura 4).

Figura 4. Tipos de asbesto, usos y sus principales efectos en salud



La exposición al asbesto puede aumentar el riesgo de enfermedades respiratorias graves, incluyendo cáncer de pulmón o de ovario, mesotelioma y asbestosis. La inhalación de fibras puede causar daño pulmonar permanente y otras complicaciones respiratorias graves.

Fuente: *elaboración propia con información tomada de OSHA (s.f.).*

El asbesto se ha empleado históricamente como una mezcla fibrosa que se une a materiales como cemento, plásticos y resinas, o se ha utilizado directamente para crear tejidos con propiedades ignífugas y aislantes, como guantes de protección industrial, mantas contra incendios y cintas para aislar tuberías (ATSDR, 2021). La exposición ocupacional y ambiental al asbesto es un tema

de gran importancia en salud pública y seguridad laboral, debido a los graves riesgos que presenta para la salud humana (Agencias para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], 2021). La exposición ocupacional ocurre principalmente en trabajadores que manipulan materiales que contienen asbesto o que realizan actividades que generan polvo de asbesto, como la construcción, demolición, mantenimiento y reparación de edificios (ATSDR, 2021).

Aunque el asbesto no es volátil, las fibras pueden ser emitidas a la atmósfera tanto por fuentes naturales como antropogénicas (ATSDR, 2023). En este sentido, la intemperización de rocas[1] que contienen asbesto es la principal fuente natural de asbesto atmosférico, siendo preciso mencionar que actualmente no se dispone de estimaciones de las cantidades de asbesto liberadas al aire desde fuentes naturales (ATSDR, 2023), mientras que las actividades antropogénicas como las operaciones mineras a cielo abierto (particularmente perforación y voladura); trituración, cribado y molienda del mineral; fabricación de productos de asbesto; uso de materiales que contienen asbesto (como embragues y frenos en automóviles y camiones); transporte y eliminación de residuos que contienen asbesto y demolición de edificios construidos con productos que contienen asbesto, como aislamiento, materiales ignífugos, baldosas de techo y suelo, tejas de techo, así como paneles de yeso y cemento, son la principal fuente de fibras de asbesto en la atmósfera (ATSDR, 2023). Otras fuentes antropogénicas incluyen erosión de pilas de residuos que contienen asbesto, corrosión de tuberías de asbesto-cemento, desintegración de materiales de techo que contienen dicho mineral y escorrentía de aguas residuales industriales (ATSDR, 2023), siendo las actividades críticas que deben tenerse en cuenta para la gestión del riesgo. En la figura 5 se relacionan algunos de los materiales con contenido de asbesto utilizados en el sector.

En Colombia, en 2019, se promulgó la Ley 1968, que prohíbe la producción, importación, comercialización y uso de todas las formas de este mineral (Congreso de la República, 2019). Esta normativa representa un avance significativo en la protección de la salud pública y constituye un hito importante en la gestión del asbesto en el país.



[1] Proceso de descomposición y alteración de rocas y minerales en la superficie terrestre debido a la exposición a factores ambientales como el agua, el aire y los cambios de temperatura.

Figura 5. Principales materiales con contenido de asbesto en el sector



Placas de fibrocemento

Contiene sílice en los agregados y cemento; actividades como el corte, perforación y demolición liberan polvo de sílice.



Baldosas de vinilo y asbesto

Utilizadas en pisos; remoción y alteración liberan fibras de asbesto.



Aislantes térmicos

Fabricados con arcilla y arena; el corte, perforación y demolición producen polvo de sílice.



Paneles acústicos

Utilizados en techos y paredes para control de sonido; alteración y demolición liberan asbesto.



Materiales para techos

Utilizados en techos y paredes para control de sonido; alteración y demolición liberan asbesto.



Juntas y empaques

Utilizados en sistemas de plomería y calefacción; manipulación y retiro liberan fibras.



Cemento de asbesto

Utilizado en tuberías y láminas de construcción; corte y perforación liberan asbesto.



***Compounds* y masillas**

Utilizados para sellar y rellenar; lijado y retiro liberan fibras de asbesto.



Revestimientos y pinturas

Aplicados en paredes y techos; raspado y remoción liberan fibras de asbesto.



Materiales de fricción

Frenos y embragues; desgaste y manipulación liberan fibras de asbesto.



Tuberías de asbesto-cemento

Utilizadas en sistemas de agua y alcantarillado; corte y perforación liberan fibras de asbesto.



Papel y cartón de asbesto

Utilizados para aislamiento térmico y eléctrico; manipulación y retiro liberan fibras.



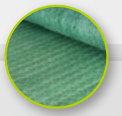
Textiles de asbesto

Utilizados en cortinas ignífugas y ropa protectora; manipulación y desgaste liberan fibras.



Planchas y paneles de construcción

Utilizados en paredes y techos; corte y perforación liberan fibras de asbesto.



Productos de empaques

Sellos y empaques industriales; manipulación y retiro liberan fibras de asbesto.

Fuente: *elaboración propia a partir de OSHA (2014); Mandrioli et al. (2018); National Institutes of Health (NIH) (2017); US Environmental Protection Agency (s.f.).*

CCS Consejo Colombiano de Seguridad
Instituto Nacional de Salud
Universidad del Rosario
Universidad Nacional de Colombia

Efectos en salud

El asbesto se ha asociado con varias enfermedades graves como la asbestosis, un tipo de neumoconiosis caracterizada por fibrosis pulmonar intersticial progresiva; el mesotelioma maligno, una forma de cáncer agresivo que afecta el mesotelio (principalmente de pleura y peritoneo) y que es casi exclusivo de la exposición al asbesto, así como diversos tipos de cáncer, especialmente de pulmón (Ramada Rodilla et al., 2022), laringe (Lin et al., 2022) y ovario (Nowak et al., 2021). La exposición a este mineral también puede provocar placas pleurales, derrame pleural crónico y engrosamiento difuso de pleura, afecciones que pueden comprometer la función respiratoria.

El desarrollo de una enfermedad asociada está relacionado con los siguientes factores (Ossa et al., 2014):

- La concentración de las fibras presentes en el aire.
- Tipo de asbesto al que se está expuesto.
- La duración y frecuencia de la exposición.
- El tamaño de las fibras inhaladas.
- El tiempo transcurrido desde la exposición inicial.
- Condiciones anatómicas y funcionales de la persona.
- Efecto sinérgico del humo del tabaco.

La norma colombiana estableció que la exposición a asbesto considera enfermedades laborales directas: la asbestosis y el mesotelioma maligno como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Enfermedades laborales que pueden originarse por exposición a asbesto

Ocupación/industria	Enfermedad
Todos los trabajadores que se expongan por su trabajo a estos materiales durante la extracción, producción, molido, separación y utilización del agente específico, tales como: • Trabajos de minería y obras públicas que comportan perforaciones, extracción, transporte, molienda, tamizado de minerales o rocas que contienen sílice libre. • Trabajadores de minas, túneles, canteras. • Industria textil en la fabricación de prendas incombustibles. • Cemento. • Industria naviera. • Fabricación de partes automotrices, materiales de aslamiento y operaciones de pulido y tallado.	• Neoplasia maligna de estómago (C16). • Neoplasia maligna de laringe (C32). • Neoplasia maligna de bronquios y de pulmón (C34). • Mesotelioma de pleura (C45.0). • Mesotelioma de peritoneo (C45.1). • Mesotelioma de pericardio (C45:2). • Placas epicárdicas (131.8). • Asbestosis (J60). • Derrame pleural (J90). • Placas pleurales (J92).

Fuente: *elaboración propia a partir de Presidencia de la República de Colombia, 2014.*

Es importante mencionar que, de acuerdo con lo reportado por la literatura, la persistencia de materiales con asbesto en estructuras existentes, combinada con prácticas laborales inseguras y una insuficiente percepción del riesgo, favorece la exposición a fibras de asbesto en ambientes laborales (Binazzi et al., 2022).

Marco normativo aplicable para sílice y asbesto en Colombia

El conocimiento y la aplicación rigurosa de la normativa colombiana es el pilar fundamental para la gestión eficaz de los riesgos asociados a la exposición de sílice cristalina respirable y asbesto en los entornos laborales. Para los responsables del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), el reconocimiento detallado de estas normas no es solo un requisito legal de cumplimiento, sino la hoja de ruta esencial para diseñar, implementar y evaluar los controles de manera jerárquica y efectiva.

La normativa sirve como herramienta directriz para:

- Identificar y priorizar los peligros de manera específica.
- Establecer mediciones ambientales y compararlas con los Límites de Exposición Ocupacional vigentes.
- Definir los Programas de Vigilancia Epidemiológica y las estrategias de protección respiratoria exigidas por la Resolución 2467 de 2022 para la sílice.
- Asegurar el cumplimiento de la prohibición total del asbesto (Congreso de la República, 2019) y garantizar el ingreso de extrabajadores a las rutas de atención en salud (RIAS), normado por la Resolución 1786 de 2025.

En la tabla 4 se describe el marco normativo que aplica para la gestión del riesgo cuando se presenta exposición a sílice y asbesto.

Tabla 4. Marco normativo aplicable para la gestión del riesgo por exposición a sílice y asbesto

Número de la norma	Descripción y aplicación	Aplica para
Resolución 2400 de 1979 (Art. 154)	Reglamento general de seguridad e higiene: este artículo y sus anexos técnicos establecen los Valores Límite Permisibles (VLP) de concentración para diversas sustancias en los ambientes de trabajo.	Ambas sustancias (marco general de higiene)
Decreto 1609 de 2002	Manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera	Asbesto
Decreto 2090 de 2003	Condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones para tareas de alto riesgo: se establece que trabajar con exposición a sustancias comprobadamente cancerígenas se considera tareas de alto riesgo.	Ambas sustancias
Decreto 1076 de 2015, Ley 1159 de 2007, Resolución 693 de 2007, Resolución 062 de 2007, Ley 1252 de 2008, Resolución 371 de 2009, Resolución 372 de 2009, Resolución 503 de 2009, Resolución 1297 de 2010, Resolución 1511 de 2010, Resolución 1512 de 2010, Resolución 5194 de 2010, Decreto 351 de 2014, Ley 1672 de 2013, Resolución 1675 de 2013	Este conjunto de normas establece el marco regulatorio para la gestión integral de residuos en el país, haciendo especial énfasis en la prevención, separación en la fuente, aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos, y abordando de manera específica la responsabilidad extendida del productor (REP) para la gestión posconsumo de residuos peligrosos como baterías, medicamentos, llantas y aceites usados.	Asbesto

Número de la norma	Descripción y aplicación	Aplica para
Ley 1562 de 2012	La ley exige la obligatoriedad de implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en todas las empresas, siendo fundamental para controlar la exposición a agentes peligrosos como la sílice cristalina y el asbesto. Además, esta norma fortaleció las funciones de las ARL para ejercer supervisión prioritaria en empresas de alto riesgo.	Ambas sustancias
Decreto 1477 de 2014	Tabla de enfermedades laborales: define las enfermedades consideradas laborales en Colombia. Incluye explícitamente la silicosis y las enfermedades relacionadas con el asbesto (Asbestosis, mesotelioma y cáncer de pulmón), sirviendo de base para el diagnóstico, calificación y prestaciones económicas.	Ambas sustancias
Decreto 1072 de 2015	Es el Decreto Único del Sector Trabajo. Establece el marco legal obligatorio para implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) y la gestión de los riesgos laborales, incluyendo la identificación, evaluación, valoración y control de la exposición a la sílice y el asbesto.	Ambas sustancias
Resolución 0312 de 2019	Estándares Mínimos del SG-SST: define los estándares mínimos de cumplimiento obligatorio para la implementación del SG-SST. El control de la exposición a sustancias peligrosas como la sílice y el asbesto debe alinearse con estos lineamientos, especialmente en la matriz de riesgos y los programas de vigilancia epidemiológica.	Ambas sustancias
Ley 1968 de 2019	Prohibición total del asbesto: prohíbe la explotación, producción, comercialización, distribución e importación de cualquier variedad de asbesto y de los productos elaborados con este en el territorio nacional a partir de 2021. Establece un plan para la sustitución segura del material instalado.	Asbesto
Decreto 0402 de 2021	Se establecen las partidas y subpartidas arancelarias para las que se prohíbe la importación o exportación de cualquier variedad de asbesto y de los productos elaborados con este mineral.	Asbesto
Resolución 773 de 2021	Aplicación del Sistema Globalmente Armonizado en el trabajo: define las acciones específicas que deben desarrollar los empleadores para la aplicación del SGA en los lugares de trabajo. Obliga a utilizar sus directrices para la clasificación, etiquetado y elaboración de Fichas de Datos de Seguridad (FDS) de las sustancias químicas.	Ambas sustancias
Resolución 2467 de 2022	Reglamento de Higiene y Seguridad para Sílice: adopta el reglamento para la prevención y el control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable. Establece obligaciones para el empleador (diseño e implementación de un programa de prevención y protección respiratoria) y remite a la Resolución 2400 de 1979 para los Límites de Exposición Ocupacional.	Sílice

Número de la norma	Descripción y aplicación	Aplica para
Decreto 221 de 2023	Directrices de la Ruta Integral de Asbesto: define los lineamientos para la puesta en marcha y funcionamiento a nivel territorial de la Ruta Integral de Atención en Salud (RIAS) para personas expuestas al asbesto.	Asbesto
Resolución 1843 de 2025	Exámenes Médicos Ocupacionales: regula la práctica de las evaluaciones médicas ocupacionales (pre-ocupacionales, periódicas y de egreso) y el manejo de historias clínicas. Es la base para la vigilancia de la salud en trabajadores expuestos a sílice y asbesto. Se establecen como exámenes médicos ocupacionales: • Evaluación médica de pre-ingreso. • Evaluaciones médicas periódicas (programadas o por cambios de ocupación). • Evaluación médica de egreso. • Evaluación médica post-incapacidad. • Evaluación médica por retorno laboral. • Evaluación médica ocupacional de seguimiento o de control.	Ambas sustancias
Resolución 1786 de 2025	Ruta Integral de Atención en Salud (RIAS) para personas expuestas al asbesto adopta el lineamiento técnico y operativo dela RIAS para personas, familias y comunidades con potencial exposición al asbesto o con enfermedades relacionadas con este (como el mesotelioma). Define las acciones de prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación y paliación.	Asbesto

Fuente: *elaboración propia, 2025.*



Capítulo 2. Planificación del trabajo que implica exposición a sílice y asbesto

La planificación de un trabajo es fundamental para garantizar que las actividades se realicen de manera segura, eficiente y cumpliendo con los estándares de calidad y la normativa legal aplicable. Esto permite identificar los riesgos específicos asociados con exposición a sílice y asbesto y evaluar su impacto potencial en los trabajadores y el medio ambiente (Hoy & Chambers, 2020).

En este sentido, la planificación de proyectos donde hay exposición a sílice y asbesto, así como los aspectos clave que se deben tener en cuenta desde el rol de empleador o líder del SG-SST, se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Fases de la planificación del proyecto de obra cuando hay posible exposición a sílice o asbesto

Fase	Objetivo principal	Aspectos clave
1. Definición del alcance y objetivo	Establecer el propósito del proyecto, en qué consiste y qué actividades específicas se realizarán.	Definir si hay actividades que incluyan manipulación, corte, demolición, mantenimiento o uso de materiales con sílice o asbesto. Garantizar que el alcance incluya controles desde la fase de diseño.
2. Planificación de recursos	Garantizar que el proyecto cuente con los recursos necesarios (humanos, técnicos, financieros) para la gestión del riesgo.	Disponer de personal competente, presupuesto para la realización de mediciones, controles de ingeniería, EPP, programas de capacitación y zonas de descontaminación, entre otros. Seleccionar empresas autorizadas para el manejo adecuado y disposición final de los residuos.
3. Evaluación preliminar e identificación de peligros	Identificar si el material, la actividad o el proceso a realizar tiene posibilidad de generar exposición a sílice o asbesto.	Inspección inicial de lugares y materiales, muestreo y análisis de tareas y desarrollo de protocolos de trabajo seguro. Evaluar la probabilidad de generación y liberación de fibras o polvo respirable.
4. Planificación del trabajo	Definir el procedimiento seguro para cada actividad a realizar, integrando las medidas de prevención y control en la programación diaria para minimizar la exposición.	Definir roles y responsabilidades. Definir la secuencia de trabajo o cómo se llevará a cabo la tarea y programación de tareas críticas, definir tiempos de exposición y planificar actividades de capacitación y supervisión. Incluir los controles técnicos que sean requeridos (humectación, ventilación, aspiración).
5. Cumplimiento normativo y legal	Verificar que el proyecto cumpla con el marco legal vigente para Colombia que le rige, especialmente el de seguridad y salud en el trabajo relacionada con sílice y asbesto.	Conocer las normas, gestionar licencias/ permisos, evaluar impacto ambiental y establecer un plan de gestión de residuos.

Fase	Objetivo principal	Aspectos clave
6. Plan de comunicación	Implementar mecanismos que permitan que la información relacionada con el riesgo y sus controles sea transmitida y de fácil comprensión.	Realizar entrenamiento específico, establecer canales claros de comunicación (reportes, línea confidencial) y ubicar señalización de riesgo.
7. Plan de emergencia	Definir acciones y medidas para responder a eventos accidentales que puedan presentarse con liberación de fibras o de polvo respirable, o en caso de falla de controles.	Establecer procedimientos para exposición accidental, capacitar brigadistas, disponer de equipamiento (*kits*, duchas) y un sistema de notificación.
8. Gestión del cambio	En caso de variaciones en los procesos, materiales, métodos, equipos o personas, garantizar que la seguridad no se vea comprometida ante modificaciones del plan original.	Aplicar procedimientos documentados o ajustarlos cuando haya modificaciones o cambio en las condiciones del entorno, evaluándolos antes de su ejecución.
9. Gestión documental	Disponer de evidencia de gestión diligente y protección de salud a largo plazo, manteniendo la trazabilidad de la información.	Crear listado maestro de registros, disponer de un sistema de información y construir una memoria histórica de la exposición individual.

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

Roles y responsabilidades

La responsabilidad de la salud de los trabajadores en cualquier proyecto del sector construcción recae principalmente en los representantes legales, el líder o director de obra, quienes tienen el deber legal y ético de garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable, siendo indispensable contar con el compromiso de todos los actores de las organizaciones involucradas, así como con el recurso humano y financiero necesario para gestionar correctamente el riesgo por exposición a estas sustancias químicas.



Es importante, involucrar al líder de SST desde las etapas iniciales de la planificación hasta la ejecución y monitoreo de trabajos con exposición a sílice o asbesto, lo que garantiza el cumplimiento normativo y la protección de la salud y seguridad de los trabajadores, además de la implementación de prácticas debidamente documentadas y controladas.

En este sentido, se hace necesario definir los roles y responsabilidades de los actores involucrados que son específicas para la gestión del riesgo derivado de la exposición a sílice y asbesto y que se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Responsabilidades de diferentes roles frente a la exposición a sílice y asbesto en el marco del SG-SST

Rol	Responsabilidades SG-SST	Responsabilidades específicas para sílice y asbesto
Empleador/Alta Dirección (o contratista principal)	• Liderar y garantizar el cumplimiento del SG-SST (recursos, política, rendición de cuentas). • Asignar y comunicar responsabilidades a todos los niveles. • Garantizar la capacitación y la participación (COPASST/Vigía).	• Identificar materiales (materias primas/desechos) según su carcinogenicidad y toxicidad SGA. • Implementar un programa de gestión del riesgo. • Priorizar y tomar medidas preventivas y de mitigación. • Proveer y garantizar el uso de EPP específico. • Elaborar e implementar un plan de emergencias. • Realizar inspecciones y mantenimientos para asegurar la exposición bajo límites permisibles. • Comunicar medidas de prevención a la cadena de suministro (proveedores, contratistas, subcontratistas). • Realizar evaluaciones médicas ocupacionales (EMO). • Remitir información a la ARL anualmente.
Responsable de SST (o coordinador/líder de SST)	• Diseñar, implementar y mantener actualizado el SG-SST. • Informar resultados a la Alta Dirección. • Identificar peligros y valorar riesgos (IPEVR).	• Coordinar las actividades de manejo y control del riesgo de asbesto/sílice. • Identificar los peligros, evaluar los riesgos y determinar medidas de control necesarias conforme a los requisitos legales y los lineamientos establecidos en esta guía. • Desarrollar programas de control basados en evaluaciones de riesgo. • Supervisar que los contratistas implementen los lineamientos establecidos en esta guía. • Establecer prácticas seguras (procedimientos operativos) y seleccionar EPP. • Desarrollar y liderar el SVE para neumoconiosis. • Realizar la evaluación y monitoreo de las sustancias ambientales. • Supervisar y monitorear la implementación de controles para mitigación del riesgo. • Capacitar sobre riesgos específicos sobre asbesto y sílice) y medidas de control. • Vigilar posibles exposiciones de emergencia a sílice y asbesto[2].

[2] Una exposición de emergencia a asbesto o sílice se define como una situación inesperada, no planificada y de corta duración en la que los trabajadores entran en contacto con concentraciones elevadas de fibras de asbesto o polvo de sílice cristalina, generalmente a causa de incidentes como rotura accidental de materiales que contienen dichos minerales, fallas en sistemas de control de polvo, derrumbes, incendios, demoliciones imprevistas o liberaciones repentinas durante mantenimientos. Este tipo de exposición supera los niveles habituales de trabajo y puede representar un riesgo significativo para la salud debido a la alta concentración en el aire y a la ausencia de medidas de protección inmediatas, por lo que requiere de protocolos especiales de respuesta, control y notificación para minimizar sus consecuencias.

Rol	Responsabilidades SG-SST	Responsabilidades específicas para sílice y asbesto
Jefes de área/directores (o director de obra/ Superintendente)	• Participar en la IPEVR y en la construcción de planes de acción. • Promover la comprensión de la política de SST. • Informar necesidades de capacitación.	• Supervisar y verificar el cumplimiento de los procedimientos de manejo de asbesto y sílice. • Garantizar la implementación de controles técnicos y administrativos (ventilación, EPP, prácticas seguras[3]). • Supervisar que los niveles de exposición (ej. mediciones de sílice) permanezcan dentro de los límites permisibles. • Velar por la capacitación e información del personal bajo su supervisión. • Participar en la implementación de programas de vigilancia ambiental y de la salud de la exposición a sílice y asbesto.
Jefes de área/Directores (tareas específicas de asbesto)	• Garantizar la implementación de medidas de control para mitigar la exposición a asbesto y el cumplimiento del marco legal colombiano con respecto al uso de estas sustancias.	• Garantizar el cumplimiento de todas las disposiciones para el manejo seguro del asbesto. • Supervisar el manejo adecuado de residuos de asbesto (eliminación y disposición final segura). • Garantizar que no se utilicen productos que contengan asbesto en el proyecto, conforme a la ley. • Seguir el cronograma de eliminación progresiva del asbesto.
Trabajadores	• Procurar el cuidado integral de su salud. • Cumplir normas, reglamentos e instrucciones del SG-SST. • Informar oportunamente sobre peligros y riesgos. • Participar en capacitación y contribuir a los objetivos.	• Cumplir los procedimientos seguros para el manejo de asbesto y sílice. • Usar correctamente los EPP proporcionados. • Aplicar los controles en la fuente definidos. • Abstenerse de fumar y consumir alimentos/ bebidas en el puesto de trabajo. • Acudir a las evaluaciones médicas ocupacionales.
COPASST/Vigía de SST	• Vigilar el desarrollo y cumplimiento del SG-SST. • Participar en inspecciones y en el análisis de accidentes. • Recibir y dar trámite a sugerencias.	• Informar al empleador sobre resultados de mediciones ambientales y controles adoptados. • Vigilar el cumplimiento de las medidas de control específicas para sílice y asbesto.
Contratistas/ Subcontratistas/ Proveedores	• Cumplir y hacer cumplir las políticas de SST del contratista principal. • Garantizar capacitación y EPP adecuado a su personal.	• Suministrar las FDS (Fichas de Datos de Seguridad) de productos con sílice o asbesto. • Informar al contratista principal sobre riesgos específicos de sus actividades/productos. • Coordinar sus planes de trabajo/emergencia con el responsable de la obra.

Fuente: *elaboración propia a partir de: Presidencia de la República de Colombia, 2015; Ministerio del Trabajo, 2019; Ministerio del Trabajo, 2022; Congreso de la República, 2019.*

Nota. Estas responsabilidades deben ser documentadas dentro del SG-SST.

[3] Una **práctica segura de trabajo frente a la exposición a sílice cristalina y asbesto** es un conjunto de procedimientos e instrucciones diseñados para que las tareas que generan polvo o fibras se realicen de manera controlada, minimizando el riesgo de inhalación y protegiendo la salud de los trabajadores.

Desde este punto de vista, la responsabilidad de la salud de los trabajadores recae principalmente en los representantes legales, el líder o director de obra, quienes tiene el deber legal y ético de garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable, siendo indispensable el compromiso de todos los actores de las organizaciones asegurar el recurso humano y financiero suficiente para gestionar correctamente el riesgo por exposición a estas sustancias químicas.

Para finalizar, se realiza una lista de chequeo que consolida el proceso de planificación que se debe llevar a cabo en cada proyecto de obra, pasos que pueden orientarse de acuerdo con lo establecido en la tabla 7.

Tabla 7. Lista de chequeo de la implementación del proceso de planificación

Fase	Punto de control	Cumple/No cumple
1. Definición del alcance	Se definió si las actividades incluyen manipulación, corte, demolición, mantenimiento, retiro o uso de materiales con sílice o asbesto.	
	El alcance garantiza la inclusión de controles a la exposición desde la fase de diseño.	
2. Planificación de recursos	Se dispuso de personal competente y presupuesto para la identificación de peligros, la evaluación de la exposición con mediciones de higiene ocupacional, la adopción de controles en la fuente, controles de ingeniería y EPP.	
	Se seleccionaron empresas autorizadas para el manejo y disposición final de residuos.	
3. Evaluación preliminar e identificación de peligros	Se realizó una inspección inicial de lugares y materiales para identificar la posibilidad de exposición.	
	Se evaluó la probabilidad de generación y liberación de fibras o polvo respirable.	
	Se definieron estrategias de evaluación cualitativa y cuantitativa de la exposición a sílice y asbesto.	
4. Planificación del trabajo	Se definió el procedimiento seguro para cada actividad.	
	Se definieron roles y responsabilidades específicos para las tareas.	
	Se incluyeron los controles técnicos requeridos (humectación, ventilación, aspiración, entre otros).	
	Se planificó la capacitación y supervisión de tareas críticas.	
	Se definieron mecanismos de seguimiento al plan de trabajo establecido.	
5. Cumplimiento normativo y legal	Se verificó el cumplimiento del marco legal vigente para Colombia (SG-SST, sílice, asbesto).	
	Se implementó un plan para el manejo del asbesto y/o sílice en el proyecto.	
	Se gestionaron licencias/permisos requeridos.	
	Se estableció un plan de gestión de residuos.	

Fase	Punto de control	Cumple/No cumple
6. Plan de comunicación	Se definió un plan de comunicación de riesgos para el proyecto.	
	Se realizó entrenamiento específico sobre el riesgo y sus controles.	
	Se ubicó señalización de riesgo y se establecieron canales de comunicación.	
7. Plan de emergencia	Se definieron procedimientos para respuesta ante exposición accidental o falla de controles.	
	Se dispuso de equipamiento (*kits*, duchas) y se capacitó a brigadistas.	
8. Gestión del cambio	Se aplicaron procedimientos documentados o ajustados, evaluando su seguridad antes de ejecutar modificaciones en procesos, materiales, métodos o equipos.	
9. Gestión documental	Se creó un listado maestro de registros y se dispone de un sistema de información.	
	Se construyó una memoria histórica de la exposición individual para trazabilidad a largo plazo.	

Fuente: *elaboración propia, 2025.*



Capítulo 3. Gestión de riesgos derivados de la exposición a sílice y asbesto

El sector de la construcción debe cumplir todas las disposiciones legales y técnicas pertinentes para garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable para sus trabajadores y la comunidad conexa. Las acciones para prevenir riesgos y promover una cultura de autocuidado parten de una correcta identificación de peligros por parte de los empleadores, con la participación de los trabajadores y el acompañamiento de las autoridades.

El proceso de gestión de peligros y de riesgos inicia con la identificación de peligros, reconociendo todas las posibles fuentes de daño (Icontec, 2012), seguida de una evaluación y valoración de los riesgos, donde se determina la probabilidad y el impacto de cada peligro identificado, su priorización y la asignación de recursos para el control de los riesgos más críticos.

Luego se deben definir controles específicos y eficaces para mitigar o eliminar dichos riesgos (Beltrán, et al., 2016). El proceso culmina y se reinicia con la etapa de revisar y actualizar, que enfatiza la naturaleza dinámica de la gestión de riesgos, requiriendo una evaluación continua para mejorar las estrategias y asegurar su efectividad a lo largo del tiempo.

En la figura 6 se presenta el proceso para la gestión del riesgo en el marco de los proyectos que implican exposición a sílice y asbesto.

Figura 6. Proceso de gestión de peligros y riesgos



Fuente: *elaboración propia con Napkin, 2025.*

Recuerde que...

La gestión de riesgos derivados de la exposición a sílice y/o asbesto es un proceso que debe realizarse bajo el ciclo PHVA y bajo la coordinación y articulación de los diferentes niveles jerárquicos de la organización y el compromiso de la alta dirección.

Identificación de peligros

La identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos asociados a la sílice y al asbesto contempla las siguientes etapas (ver figura 7).

Figura 7. Etapas de la identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos – sílice y asbesto



Fuente: *elaboración propia con Napkin, 2025.*

Recuerde que...

Es responsabilidad del director de obra o superintendente garantizar que se realice una adecuada identificación de peligros, valoración del riesgo e implementación de controles que asegure que los niveles de exposición de sílice o asbesto se mantienen tan bajos como sea posible, cumpliendo con los TLV.

Los resultados de la identificación de peligros, así como el análisis de la toma de muestras duras se deben reportar al responsable del SG-SST de la organización para determinar de manera conjunta los controles a implementar y la vigilancia de las condiciones de salud.

1. Inspección inicial

Incluye una revisión general del sitio de trabajo para identificar aspectos como el estado en el que se encuentra el lugar, la antigüedad, actividades y documentos disponibles, permitiendo planificar la evaluación y definir las zonas prioritarias de intervención.

Responsable: director de obra o superintendente.

2. Identificación de áreas con sílice o asbesto

Se delimitan y mapean las áreas donde existe probabilidad de exposición a sílice y asbesto, como zonas de demolición, corte de materiales o talleres, identificando espacios críticos.

Responsable: director de obra o superintendente.

3. Identificación de materiales sospechosos

A partir de las áreas identificadas, se realiza una inspección visual para el reconocimiento de materiales con contenido de sílice y asbesto, tales como morteros, tejas de fibrocemento, aislamientos, etc., para la obtención de un inventario preliminar de materiales potencialmente peligrosos para el trabajador.

Responsable: director de obra o superintendente.

4. Toma de muestras (confirmación en laboratorio)

Se toma muestra de los materiales sospechosos siguiendo protocolos de seguridad para evitar liberación de fibras de asbesto o polvo con contenido de sílice para análisis en laboratorio, con el fin de confirmar su presencia.

Responsable: la toma de muestras debe estar a cargo de una persona competente (higienista ocupacional). Sin embargo, el responsable del SG-SST debe garantizar la trazabilidad del proceso de la toma y análisis de la muestra y la competencia técnica de quien la realiza.

5. Evaluación de la magnitud de la exposición

Con los resultados de laboratorio, se analiza el nivel de riesgo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Estado del material (intacto, deteriorado o friable).
- Tipo de actividades que lo perturban.
- Número de trabajadores expuestos.
- Controles existentes.

Esta evaluación determina la magnitud de la exposición potencial al analizar la probabilidad y severidad de que las fibras o polvos se dispersen en el aire e inhalen. A partir de estos resultados, es posible definir las medidas de control pertinentes y tomar decisiones fundamentadas respecto a la realización de mediciones ambientales.

Responsable: higienista ocupacional, en conjunto con el responsable del SG-SST, diseña la estrategia de muestreo, para su posterior análisis y realización del informe.

Métodos de evaluación de la exposición a sílice y asbesto

La exposición a sílice y asbesto se evalúa mediante dos enfoques complementarios: los métodos cualitativos, que estiman el riesgo a partir de la observación de las tareas y condiciones operativas, y los métodos cuantitativos, que determinan la concentración exacta del contaminante en el aire mediante muestreo y análisis de laboratorio.

Recuerde que...

Estos métodos de evaluación de la exposición deben ser realizados por un higienista ocupacional, bajo la supervisión del líder del SG-SST.

1. Métodos cualitativos

Los métodos cualitativos evalúan la exposición laboral mediante el análisis sistemático de información detallada sobre el lugar de trabajo, los materiales, las tareas y las condiciones operativas, sin recurrir a mediciones directas de contaminantes en el aire. Su objetivo es identificar peligros y comprender los riesgos a través de descripciones cualitativas, lo que permite fundamentar la selección de medidas de control preventivas y adecuadas. Para su efectividad, es indispensable la participación activa del personal y su integración continua en los procesos de gestión de riesgos de la organización (Dugheri, et al., 2022).

La evaluación cualitativa de la exposición a agentes químicos como la sílice y el asbesto sigue una serie de pasos sistemáticos que se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Pasos para evaluación cualitativa de la exposición a sílice y asbesto

Fase	Descripción	Documentación requerida
1. Recolección de información preliminar	• **Asbesto:** investigar el año de construcción del inmueble (edificaciones anteriores al año 2000 tienen alta probabilidad de contener asbesto). • **Sílice:** revisar especificaciones de materiales a usar (ej. % de sílice en mesones de cuarzo, morteros, etc.). • **Ambos:** recopilar estudios previos, informes de higiene, y datos sobre enfermedades respiratorias en la empresa.	• Planos (con fechas de construcción), Fichas de Datos de Seguridad (FDS) de materiales, informes de higiene y salud previos.
2. Localización de áreas con posible	• **Ambos:** realizar un recorrido de campo para traducir la información preliminar en un mapa de riesgo, delimitando físicamente las zonas donde se realizarán las actividades de riesgo o donde se sospecha la presencia de estos materiales. • **Asbesto:** enfocar la localización en áreas funcionales críticas en edificaciones antiguas, como sótanos, cuartos de calderas, cubiertas y zonas con tuberías o acabados sospechosos. • **Sílice:** identificar las áreas de trabajo específicas destinadas a tareas como corte, demolición, trituración, pulido, almacenamiento de agregados o preparación de mezclas.	• Mapa o plano del sitio con las zonas de riesgo claramente demarcadas. • Registros fotográficos de las áreas inspeccionadas. • Listas de verificación del recorrido de campo.
3. Identificación de materiales con contenido de asbesto o sílice	• **Asbesto:** localización de Materiales con Contenido de Asbesto (MCA) como tejas, aislamientos, baldosas o tanques de fibrocemento. • **Sílice:** identificar materiales base como concreto, ladrillo, piedra, arena o mortero en áreas de trabajo. • **Ambos:** usar listas de verificación enfocadas en tareas que generan polvo o liberan fibras.	• Listas de verificación para sílice/asbesto, inventario de MCA (si existe), informes de inspección visual.
4. Descripción del peligro	• **Asbesto:** detallar el estado del MCA (friable, dañado, intacto) y describir cómo las actividades (demolición, reparación, vibración) pueden liberar fibras. • **Sílice:** explicar cómo tareas de alta energía (corte, pulido, perforación, chorreado de arena) sobre materiales silíceos generan nubes de polvo respirable. • **Ambos:** describir la frecuencia y duración de estas tareas: ¿con qué frecuencia se realiza la tarea?, ¿cuánto tiempo dura cada vez?	• Registros fotográficos del estado de los materiales, descripción detallada de los procesos de trabajo, manuales de equipos.

Fase	Descripción	Documentación requerida
5. Evaluación de riesgos	• **Asbesto:** evaluar la probabilidad de liberación de fibras según la friabilidad del material, su estado y la energía de la tarea. • **Sílice:** evaluar la probabilidad de exposición según el % de sílice, la duración/frecuencia de la tarea y la generación visible de polvo. • **Ambos:** la severidad siempre se considera alta por ser agentes carcinógenos confirmados.	• Matrices de evaluación, modelos cualitativos específicos (ej. Método ECRES para sílice).
6. Valoración de riesgos	• **Asbesto:** un MCA friable y en mal estado casi siempre resulta en un riesgo valorado como “Alto” o “Inaceptable”, requiriendo acción inmediata. • **Sílice:** tareas de corte en seco de materiales con alto contenido de sílice se valoran como de alto riesgo. • **Ambos:** clasificar los riesgos para priorizar las intervenciones.	• Matriz de valoración de riesgos diligenciada, informe de priorización de riesgos.
7. Registro de controles actuales	• **Asbesto:** documentar si existen áreas aisladas, señalización, sistemas de humectación o aspiración con filtros HEPA. • **Sílice:** registrar el uso de métodos de humectación (riego o discos de corte húmedo), aspiración en la fuente o cabinas con ventilación. • **Ambos:** verificar el tipo y uso correcto de protección respiratoria.	• Procedimientos de trabajo seguro, registros de mantenimiento de sistemas de ventilación, informes de inspección de EPP.
8. Propuestas de controles adicionales	• **Asbesto:** proponer la elaboración de un plan de trabajo con riesgo de amianto, encapsulamiento o la remoción segura del material por personal especializado. • **Sílice:** proponer la sustitución por materiales con menor % de sílice o la implementación de herramientas con sistemas de control de polvo integrados (agua o aspiración).	• Planes de control, propuestas de mejora técnica, cronograma de implementación.
9. Documentación y registro de resultados	• **Asbesto:** completar y formalizar el Inventario de MCA. • **Sílice:** asegurar que la matriz de riesgos detalle cada tarea de exposición y sus controles específicos. • **Ambos:** registrar de forma clara los hallazgos para asegurar la trazabilidad.	• Matriz de riesgos (MIPER) completa, informes finales, inventario de MCA actualizado.
10. Revisión y aprobación	• **Asbesto:** la revisión puede incluir a especialistas en remoción de asbesto. La aprobación puede requerir notificación a autoridades sanitarias o laborales, según la legislación. • **Ambos:** involucrar al Comité Paritario o Vigía de Seguridad y Salud en el Trabajo (COPASST/Vigía) en la revisión y aprobación.	• Actas de reunión del COPASST/ Vigía, formato de aprobación del plan de trabajo, notificaciones a entidades regulatorias.
11. Implementación, monitoreo y revisión continua	• **Asbesto:** monitorear el estado de los MCA que no se removieron para detectar daños. • **Sílice:** verificar continuamente que los métodos de supresión de polvo se utilicen correctamente. • **Ambos:** implementar el Programa de Vigilancia Médica (espirometrías, radiografías) y actualizar la matriz ante cualquier cambio de proceso.	• Registros de implementación, informes de seguimiento, resultados de exámenes médicos ocupacionales.

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

Recuerde que...

Los pasos de la tabla anterior deben ser implementados por el higienista ocupacional, en conjunto con el responsable del SG-SST y el director de obra o superintendente, quienes serán los encargados de suministrar la información necesaria para garantizar la aplicación adecuada del método.

- **Bandas de control *(control banding)***

Este método cualitativo fue contemplando por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH – por sus siglas en inglés), quien se asoció con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y diversas agencias en las Américas para implementar el programa 'Eliminación de la Silicosis en las Américas' (Beaucham et al., 2012).

Su lógica de funcionamiento consiste en cruzar dos factores (Halbach et al., 2023):

1. La peligrosidad inherente de la sustancia (su capacidad intrínseca para causar daño).

2. El nivel de exposición potencial en una tarea (considerando la cantidad usada, si genera polvo, si es volátil, etc.)

El resultado no es un número técnico de concentración, sino una banda de control. Esta es una recomendación directa sobre el tipo de acción que se debe tomar, desde la ventilación general hasta la contención total del proceso (Aachimi et al., 2023). En la tabla 9 se describen estas metodologías, de las cuales se puede seleccionar la que se ajuste a las necesidades y recursos de la empresa:

Tabla 9. Metodologías para la evaluación cualitativa de la exposición a sílice y asbesto

Metodología	Descripción	Alcance
International Chemical Control Toolkit de la OIT	Diseñado principalmente para pymes en países en desarrollo, se basa en el modelo COSHH Essentials del Reino Unido. Su proceso se estructura en cinco etapas para recomendar medidas de control.	Ambas sustancias
COSHH Essentials (HSE, Reino Unido)	Es una de las metodologías de *Control Banding* más influyentes, creada para simplificar la gestión del riesgo mediante una ficha de control estandarizada. Se enfoca en cruzar la banda de peligro para la salud con el potencial de exposición para determinar la banda de control.	Ambas sustancias
Occupational Exposure Banding (NIOSH)	Proceso sistemático para la clasificación de la exposición ocupacional, usado cuando no existe un límite de exposición ocupacional definido. Clasifica las sustancias en cinco bandas de exposición (A a la E), donde cada banda corresponde a un rango de concentración objetivo en el aire.	Ambas sustancias
Metodología de evaluación simplificada de riesgo químico del INRS (Francia)	Metodología cualitativa orientada a la evaluación y jerarquización del riesgo, cuyo resultado es la priorización de acciones. No es propiamente una metodología de *control banding*, sino de evaluación de riesgo.	Ambas sustancias
Estrategia de Control para Riesgos de Exposición a Sílice (ECRES, Chile)	Herramienta de gestión simplificada que ofrece una alternativa práctica a las evaluaciones cuantitativas complejas y costosas. Su objetivo es identificar, evaluar y controlar la exposición a la sílice cristalina mediante un diagnóstico integral con cálculo de un índice de riesgo global.	Sílice

Metodología	Descripción	Alcance
Lista de chequeo de las ARL (Colombia)	Herramienta propia del contexto colombiano para auditoría y verificación del cumplimiento de la normativa nacional sobre sílice y asbesto. No es un método de estimación de riesgo, sino que confirma la implementación de los controles mínimos obligatorios por ley.	Ambas sustancias

Fuente: *elaboración propia, adoptado de: OIT, 2006; Beaucham et al., 2012;, NIOSH, 2019; Vincent, et al., 2005; Zalk, et al., 2019.*

- **Identificación de la peligrosidad de los materiales utilizados**

Para realizar una evaluación de riesgos eficaz, se debe comprender la peligrosidad de los materiales utilizados. Este requisito está respaldado por la Resolución 0312 de 2019 del Ministerio del Trabajo, la cual exige a todas las empresas aplicar una metodología para la identificación, evaluación y valoración de todos sus riesgos laborales (químicos, físicos, biológicos, etc.). Para cumplir con esta normativa en el manejo de sustancias químicas, es esencial:

- Realizar un inventario de todos los materiales peligrosos.
- Caracterizar sus peligros, especialmente en aquellos con alto riesgo para la salud como la sílice y el asbesto.

Este proceso no solo garantiza el cumplimiento legal, sino que es fundamental para proteger la salud de los trabajadores.

Recuerde que...

Es responsabilidad del líder del SG-SST coordinar la ejecución de esta actividad con la participación del director de obra o superintendente y la ejecución del higienista ocupacional.

- **Pasos para el inventario de materiales peligrosos**

- Identificación de materiales

El primer paso es identificar los materiales utilizados en construcción con posible contenido de sílice y asbesto y evaluar en qué procesos de trabajo son empleados y la actividad que podría generar la exposición. Por ejemplo, corte, molienda, demolición, vaciado de materiales, entre otras ,que puedan liberar partículas peligr osas.

En la tabla 10 se relacionan los principales materiales utilizados en construcción que pueden tener contenido de sílice o asbesto.

Tabla 10. Principales materiales usados en construcción con posible contenido de sílice o asbesto

Categoría	Materiales con contenido de sílice	Materiales con contenido de asbesto
Agregados y materiales naturales	Arena, grava, arenisca, granito, cuarzo, pizarra.	Mineral de asbesto crudo (crisotilo, crocidolita, amosita, etc.).
Concretos y cementos	Concreto convencional, mortero, bloques de concreto.	Asbesto-cemento (fibrocemento, usado históricamente en láminas, tanques, tejas).

Categoría	Materiales con contenido de sílice	Materiales con contenido de asbesto
Productos cerámicos e industriales	Ladrillos. Baldosas cerámicas, refractarios (hornos, fundiciones), porcelana sanitaria.	Productos refractarios con amianto (históricos).
Suelos y estabilizaciones	Bases y subbases granulares- rellenos y terraplenes con materiales silíceos.	No aplica.
Materiales modificados o fabricados	Vidrio. Silicato de sodio. Sílice cristalina molida. Masillas y selladores con sílice.	Juntas, masillas, empaques, selladores con amianto (en uso histórico).
Abrasivos y corte	Discos de corte. Lijas con sílice. Chorreado con arena.	Anteriormente zapatillas, frenos y embragues con asbesto utilizados en corte y pulido.
Materiales para estructura y acabado	Placas de fibrocemento con sílice. Mangos de herramientas con silicatos.	Placas de fibrocemento con asbesto (tejas, fachadas, divisiones).
Instalaciones mecánicas y aislamiento	No aplica.	Aislamientos térmicos de tuberías. Forros ignífugos. Empaques y juntas de estanqueidad.
Aplicaciones industriales específicas	Fundición. Prensado de vidrio. Sílice usada como aditivo reforzante.	Paneles acústicos- Rellenos de construcción (históricos) Mantenimiento en calderas y hornos.

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

La condición del producto o material identificado es particularmente importante, siendo necesario dar respuesta a las siguientes preguntas guía:

- ¿Está la superficie del material averiada, deshilachada o rayada?
- ¿Se están pelando, "desflecando" o desprendiendo los sellantes de la superficie?
- ¿Se está separando de la tubería o de la superficie algún material o recubrimiento aplicado en espray/aerosol?
- ¿Están faltando las cubiertas protectoras o están dañadas?
- ¿Hay escombros o polvo de asbesto cerca del material?

Recuerde que...

El director de obra o superintendente debe suministrar esta información al higienista ocupacional y al líder del SG-SST.

- Registro de materiales y su caracterización

Se debe contar con un registro de inventario detallado de todos los materiales identificados que contengan sílice y asbesto en el lugar de trabajo, el cual debe ser actualizado periódicamente y cada vez que se identifiquen nuevos materiales que los contengan.

Este se realiza con base en las fichas técnicas de los materiales, consulta de bases de datos de sílice y asbesto, registro de las partidas arancelarias o declaraciones de importación emitidas en los registros de DIAN[4], en informes de prospección geológica y resultados de estudios de suelos en la sección de caracterización de materiales según los estratos de composición.

El registro de esta información se realiza en una matriz de identificación de peligros de sustancias químicas, a través del reconocimiento de la peligrosidad intrínseca de los materiales.

Esta se determina en función de:

- ✓ Tamaño de la fibra **(asbesto):** las fibras más pequeñas pueden ser inhaladas fácilmente y alcanzar las partes más profundas de los pulmones.
- ✓ Friabilidad **(asbesto):** facilidad con la que un material se desintegra o se descompone en pequeñas partículas o polvo bajo la acción de una fuerza. Para la cual se deben tener en cuenta los criterios descritos en la tabla 11.

Tabla 11. Criterios de determinación de friabilidad de materiales con contenido de asbesto

Condición	Descripción
Buena	• Firmemente aglutinado • Pintado o sellado • Sin grietas o daños • Sin escombros • Sin desgaste por intemperie o deterioro
Regular o moderada	• Sin pintar o sin sellar • Expuesto a intemperie de carácter leve o poco frecuente • Friable pero encapsulado (ejemplo: aislamiento de tubería envuelto en plástico) • Daño o deterioro de carácter leve (ejemplo: grietas leves o bordes deshilachados)
Mala. Material deteriorado, dañado, roto o arruinado	• Desunido • Inestable • Daño significativo • Friable y averiado • Dañado por el fuego • Escombros y polvo visibles
Desconocida	• El material esté inaccesible • El área o recinto esté inaccesible, pero se asume que existen materiales con contenido de asbesto dentro de éste.

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

[4] Para consultar esta información puede remitirse al siguiente link: *https://muisca.dian.gov.co/WebArancel/DefConsultaEstructuraArancelaria.faces#*

- ✓ Tamaño de la partícula de polvo **(sílice):** el tamaño de las partículas de polvo influye en su peligrosidad porque las partículas finas (menores de 10 micrones) pueden quedar suspendidas en el aire y ser inhaladas. El polvo fino tiene mayor probabilidad de penetrar en los alveolos pulmonares, lo que puede ocasionar problemas respiratorios crónicos, como neumoconiosis o silicosis.

- ✓ Porcentaje o contenido del material en mezclas **(sílice y asbesto).**

En caso de que esta información no se encuentre disponible dentro de las FDS de los materiales es importante considerar otras fuentes de consulta como estudios científicos y el listado de sustancias identificadas como carcinógenas de Grupo 1 por la IARC y que poseen toxicidad aguda según los estándares del SGA (categorías I y II). Para ello, se puede consultar la lista publicada por la IARC la cual es actualizada dos veces al año (IARC, 2025).

Si aun así no es clara la información, es esencial proceder con los métodos cuantitativos para confirmar la peligrosidad de los materiales identificados en los diferentes procesos de trabajo.

Se puede considerar registrar la información de los productos identificados con contenido de sílice o asbesto en una matriz de identificación de peligros de sustancias químicas que contenga como mínimo los elementos descritos en el ejemplo de la tabla 12.

Tabla 12. Ejemplo de matriz de identificación de peligros de sustancias químicas

Elemento	Ejemplo: sílice cristalina (fracción respirable)
Ítem o sustancia química	Sílice cristalina (cuarzo)
Nombre comercial	Componente de: cemento, mortero, arena de sílice, hormigón.
Componente activo	Dióxido de silicio (SiO_2)
N.° CAS (Chemical Abstracts Service, que es un identificador numérico único asignado a cada sustancia química)	14808-60-7
Estructura y grupos	Óxido de silicio, sólido cristalino. Fórmula: SiO_2.
Estado físico	Sólido (polvo fino, inodoro, de color variable gris/blanco).
Pictogramas (SGA)	
Indicación de peligro físico	No clasificado como peligro físico. No es inflamable ni explosivo.
Indicación de peligro para la salud	H350: puede provocar cáncer (por inhalación). H372: provoca daños en los órganos (pulmones) tras exposiciones prolongadas o repetidas. H335: puede irritar las vías respiratorias.

Elemento	Ejemplo: sílice cristalina (fracción respirable)
Indicación de peligro al medio ambiente	No clasificado como peligroso para el medio ambiente.
Toxicidad aguda	Baja toxicidad aguda. El peligro principal es por exposición crónica.
Clasificación en el grupo de peligros del SGA	Carcinogenicidad, categoría 1A. Toxicidad específica en órganos diana (exposiciones repetidas), categoría 1.
Clasificación de peligros para la salud según OMS (SGA LD_{50} mg/kg)	No aplicable. La clasificación LD_{50} se usa para toxicidad aguda (oral/dérmica). El principal peligro de la sílice es la toxicidad crónica por inhalación.
Clasificación recomendada por la OMS por el peligro que representan	La OMS, a través de la IARC, la clasifica en el nivel más alto de riesgo carcinogénico.
Efectos en salud (signos y síntomas agudos/leves)	Irritación de ojos, piel y tracto respiratorio. Tos, dificultad para respirar (disnea) durante esfuerzos.
Enfermedades relacionadas (efectos crónicos)	Silicosis (enfermedad pulmonar fibrótica, progresiva e incapacitante), cáncer de pulmón, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), mayor riesgo de tuberculosis, enfermedades renales y autoinmunes.
Órgano blanco	Principal: pulmones. Secundarios: riñones, sistema inmunitario.
Clasificación carcinogenicidad según IARC	Grupo 1: carcinógeno para los seres humanos.
Consejo de prudencia en materia de prevención	P201: solicitar instrucciones especiales antes del uso. P260: no respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol. P280: usar guantes/ropa de protección/equipo de protección para la cara/los ojos.
Consejo de prudencia en caso de intervención	P308 + P313: en caso de exposición manifiesta o presunta, consultar a un médico.
Consejo de prudencia para el almacenamiento	P405: guardar bajo llave. P403+P233: almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Fuente: *elaboración propia.*

Recuerde que...

El higienista ocupacional es quien debe realizar la caracterización toxicológica de las sustancias.

- **Identificación *in situ* de posibles fuentes de exposición a asbesto**
- **Inspección de las superficies para detección de asbesto**

Este proceso se divide en dos fases principales: una **identificación preliminar** (a distancia o visual) y una **confirmación mediante análisis de laboratorio** de muestras sólidas. Se resalta que el ejercicio e implementación de estas actividades es responsabilidad del empleador.

El objetivo de esta fase es localizar y mapear áreas o materiales que podrían contener asbesto, optimizando los recursos y minimizando la exposición inicial. Para ello, se puede utilizar:

- **El método tradicional es la inspección visual directa en sitio**, para lo cual un inspector capacitado realiza un recorrido por las instalaciones para identificar visualmente materiales que, por su apariencia, uso y antigüedad, son sospechosos de contener asbesto (ej. paneles de aislamiento, tejas de fibrocemento, revestimientos de tuberías). Esta inspección es fundamental para verificar en terreno los hallazgos de la inspección remota y para identificar peligros en áreas interiores.

  No obstante, para evaluar grandes áreas o lugares de difícil acceso (como techos o fachadas), se pueden emplear tecnologías que permiten una inspección detallada sin contacto físico directo, como:

  ✓ **Imágenes satelitales y fotografías aéreas:** estas herramientas son fundamentales para el análisis de grandes superficies, en procesos de demolición, mantenimiento y renovación urbana (Chizaíza, 2020).

  ✓ **Drones:** equipados con cámaras de alta resolución o sensores multiespectrales, permitiendo una evaluación visual detallada y segura, eliminando los riesgos asociados al trabajo en alturas o la exposición directa. Son especialmente útiles para inspeccionar zonas específicas de un edificio y ayudar a priorizar dónde se deben tomar muestras físicas.

Como resultado de la inspección dará lugar a un plano o mapa donde se señalen las zonas en donde se ubican las posibles fuentes de asbesto y su estado.

- **Toma de muestras duras para la identificación de asbesto instalado en las edificaciones**

Una vez identificados los materiales sospechosos, es necesario confirmar la presencia de asbesto mediante la toma de una muestra sólida (también denominada "dura", *"bulk"* o "a granel") para su análisis en un laboratorio acreditado.

Es importante señalar que los materiales de fibrocemento utilizados en la fabricación de tejas suelen contener aproximadamente un 15 % de asbesto. Por ello, antes de iniciar cualquier actividad de retiro o mantenimiento de este tipo de cubiertas, se debe realizar la toma y análisis de muestras. Este procedimiento debe ser llevado a cabo por un higienista ocupacional, utilizando métodos analíticos apropiados y las muestras deben analizarse mediante técnicas validadas en un laboratorio certificado.

El líder del proceso debe velar porque el proveedor contratado para esta labor siga un procedimiento técnico riguroso, a fin de garantizar tanto la seguridad durante el proceso como la validez de los resultados. Así mismo, se debe asegurar de que las muestras se envíen a un laboratorio competente y que las técnicas analíticas sean las adecuadas, de acuerdo con el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España (INSST, 2022).

También debe verificar que el laboratorio esté acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) bajo la norma ISO/IEC 17025[5]. En ausencia de un laboratorio acreditado en el país para un método específico, se deberá recurrir a uno que cumpla con criterios internacionales como los del US Proficiency IH PAT AIHA/ACGIH.

El laboratorio seleccionado deberá cumplir con la técnica analítica en función del tipo de material y de las características de este, para el caso de las tejas de fibrocemento es compatible con:

- Microscopía óptica con luz polarizada tal como se indica en el método analítico NIOSH 9002
- Difracción de rayos X
- Fluorescencia de microrrayos X: permiten obtener mapas de distribución 2D de los elementos

[5] Para consultar acreditación de ONAC, consulte el siguiente link: *https://onac.org.co/directorio-de-acreditados/*

químicos presentes en las superficies investigadas con la ayuda de un detector de rayos X emitido por fluorescencia de la muestra energizada.

- Micro-XRF: se lleva a cabo mediante el análisis de la distribución de elementos químicos en la superficie de la muestra, también es posible definir el tipo de mineral de amianto (es decir, crisotilo, amosita, crocidolita, tremolita, etc.).

- Imágenes hiperespectrales HSI: combina las propiedades de imagen de una cámara digital con las propiedades espectroscópicas de un espectrómetro que puede detectar los atributos espectrales de cada píxel en una imagen.

- También se recomienda tener en cuenta los métodos para la determinación de asbestos en materiales de la EPA.

Una vez obtenidos los resultados, las muestras y las áreas de intervención deberán clasificarse entre las que contienen asbesto y las que no. Para las que contienen asbesto, establecer cuáles son friables y no friables, ya que esto determinará:

- El plan de trabajo para la intervención, mantenimiento o retiro.

- El nivel de confinamiento y ventilación requerido.

- La selección de los EPP adecuados.

- La necesidad de realizar monitoreo ambiental y ocupacional durante las tareas.

- La valoración cuantitativa del riesgo y la estimación de los niveles de exposición.

- El diseño final de los controles de ingeniería y administrativos.

La **friabilidad del asbesto** quiere decir que puede ser fácilmente desmenuzado, pulverizado o reducido a polvo con la simple presión de la mano. Estos materiales son los más peligrosos porque pueden liberar fibras al aire con mínima perturbación.

Recuerde que...

El higienista ocupacional es quien debe realizar la toma de muestras duras, bajo la supervisión del responsable del SG-SST.

2. Métodos cuantitativos

Una vez completada la fase de identificación de peligros y la evaluación cualitativa del riesgo, es indispensable proceder con la valoración cuantitativa. Este paso permite determinar la magnitud objetiva y cuantificable de la exposición de los trabajadores a agentes químicos como la sílice y el asbesto. En esta etapa, el rol del líder es fundamental para dirigir el proceso y supervisar su correcta ejecución técnica.

La responsabilidad del líder se divide en dos áreas clave: la gestión directa del proceso y la verificación técnica del trabajo realizado por externos.

- **Gestión y dirección del proceso**

La gestión del proceso requiere que el líder del SG-SST dirija y ejecute las actividades estratégicas que se evidencian en la figura 8.

Figura 8. Actividades estratégicas en la gestión y dirección del proceso

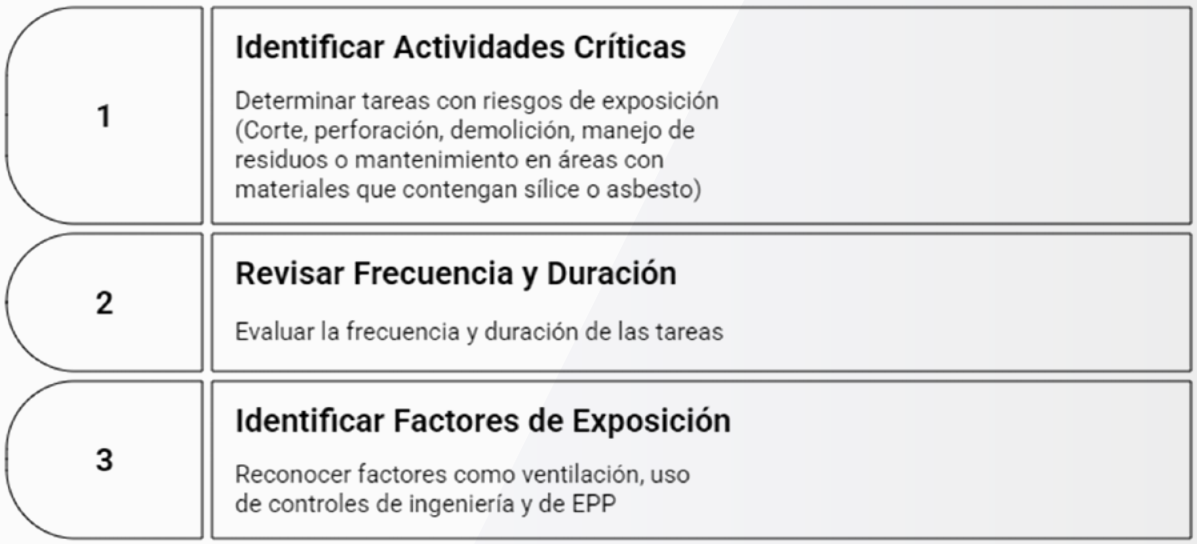


Fuente: elaborado con Napkin, 2025.

En primer lugar, se deben **establecer Grupos de Exposición Similar (GES)**[6], agrupando aquellos trabajadores que desempeñan tareas con condiciones de trabajo que sean comparables en cuanto a procesos, materiales, equipos, duración, uso de controles y condiciones ambientales.

La conformación de los GES debe sustentarse en observación en campo y mediciones preliminares que demuestren la homogeneidad de la exposición por lo que deberá tenerse en cuenta el procedimiento para conformarlos que se presenta en la figura 9.

Figura 9. Procedimiento para definir Grupos de Exposición Similar (GES)



Fuente: elaborado con Napkin, 2025.

[6] De acuerdo con lo establecido en la Resolución 2467 de 2022, el GES es un conjunto de trabajadores y contratistas en los cuales se asume que tienen el mismo perfil de exposición en términos de la frecuencia con que desarrollan la tarea u oficio, los materiales utilizados, los procesos implicados y, en general, en la forma de desarrollo de la actividad.

Una vez definidos los grupos, se debe **documentar la homogeneidad de las condiciones de exposición y validar el GES** mediante observación en campo y mediciones preliminares, asegurando que represente adecuadamente a todos los trabajadores incluidos.

Posteriormente, el líder debe **seleccionar y contratar un laboratorio acreditado.** Para ello, se deben elaborar los términos de referencia y liderar el proceso de selección y contratación de un laboratorio externo con licencia vigente y competencia técnica comprobada.

Los términos de referencia deberán comenzar definiendo con precisión el objeto del contrato, el cual debe incluir la identificación de grupos de exposición similar (GES), la medición de niveles de exposición ocupacional y la comparación de los resultados con los límites permisibles establecidos en la normativa nacional vigente. Se deben establecer requisitos mínimos que debe cumplir el contratista, tales como:

- ✓ La acreditación en normas de calidad aplicables (ISO/IEC 17025 para laboratorios).
- ✓ La experiencia comprobada en higiene industrial.
- ✓ La licencia de seguridad y salud en el trabajo con alcance a la ejecución de actividades de higiene ocupacional.
- ✓ El manejo de equipos calibrados y certificados con la cadena de trazabilidad y las cadenas de custodia correspondientes.
- ✓ El cumplimiento estricto de la normatividad en seguridad y salud en el trabajo.

También se debe incluir la obligación de presentar un cronograma de ejecución, definir productos esperados (informes preliminares, resultados consolidados y plan de control propuesto), así como criterios de evaluación técnica y económica para seleccionar la mejor oferta. Finalmente, se deben contemplar cláusulas que aseguren la confidencialidad de la información, la trazabilidad de los resultados y la transferencia de conocimiento al equipo interno de SST de la organización contratante.

Además, el líder debe **gestionar y mantener actualizada toda la documentación del proceso**, desde la planificación hasta el análisis de resultados, garantizando la trazabilidad del SG-SST.

Por último, se debe **ejercer supervisión técnica informada del proveedor**, verificando el método analítico (ejemplo: NIOSH 7500 para sílice y 7400 para asbesto), la idoneidad de los equipos, la estrategia de muestreo y la representatividad de las muestras para los GES. Esto asegura resultados válidos que permitan pasar de mediciones aisladas a una gestión integral del riesgo químico.

• Visita de reconocimiento previa a la evaluación cuantitativa de la exposición

Para realizar la evaluación cuantitativa de la exposición ocupacional a agentes químicos en cada centro de trabajo, deberá realizarse una visita de reconocimiento de agentes y factores de riesgo higiénico que consiste en identificar, describir y documentar las fuentes, condiciones y situaciones que pueden generar exposición a contaminantes en el ambiente de trabajo.

A partir de esta información, se deberá consolidar el listado de trabajadores expuestos a cada uno de los peligros y agentes en cada una de las de las actividades laborales del centro de trabajo en donde hay exposición.

La determinación de la población objeto de evaluación en cada centro de trabajo, así como las sustancias por evaluar se realizará por medio de grupos de exposición similar (GES).

Luego deberá **diseñarse una estrategia de muestreo** que se registrará en el formato definido, así como los grupos de exposición similar. Este formato deberá contener los siguientes aspectos como mínimo:

- Área.
- Nombre y descripción del GES.

- Origen del agente.
- N.° CAS (Chemical Abstracts Service, que es un identificador numérico único asignado a cada sustancia química).
- Cantidad de puntos de muestreo/muestras por recolectar, de acuerdo con el tamaño del GES y las disposiciones contenidas en el anexo técnico del reglamento de higiene y seguridad para la prevención y control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable.
- Normas de referencia.
- Límites de exposición ocupacional a aplicar según el tipo de agente químico.
- Método analítico[7].
- Medio de muestreo (casettes, filtros, portafiltros, ciclones, entre otros).
- Caudal de recolección sugerido según lo definido por el método analítico a emplear para cada sustancia, en donde se detalla el volumen de aire por unidad de tiempo que se debe programar en la bomba de muestreo.
- Volumen de aire por muestrear.
- Tiempo de muestreo.
- Cantidad de muestras blanco.
- Condiciones de transporte de la muestra.
- Técnica analítica a emplear y que se solicitará al laboratorio de química analítica.

Para la definición del método analítico se recomienda emplear el 'Manual de Métodos Analíticos'[8] desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Ocupacional de los Estados Unidos (NIOSH, por su sigla en inglés), entre los cuales se destacan lo presentado en la tabla 13:

Tabla 13. Métodos analíticos, tiempos de muestreo para la evaluación de la exposición y TLVs para polvo con contenido de sílice y asbesto

Sustancia	Método analítico	Límites de exposición ocupacional (TLV – ACGIH)	Medio de muestreo	Ciclón	Flujo de aire / Caudal de recolección (Q)	Volumen de aire	Tiempo de muestreo	Técnica analítica
Sílice respirable cristalina (cuarzo y cristobalita)	NIOSH 7500	0,025 mg/m³	Filtro de membrana de cloruro de polivinilo (PVC). Tamaño de poro: 5µm y diámetro 37 mm. Portafiltro de 37 mm de diámetro, preferiblemente conductivo. Cassette de dos cuerpos.	Nylon de 10 mm	1,7 l/min	Volúmen mínimo: 400 litros Volúmen máximo: 1000 litros	Tiempo mínimo de muestreo: 235 minutos Tiempo máximo de muestreo: 588 minutos	Difracción de rayos X en polvo (DRX) (X -Ray Powder Diffraction)

[7] Según el Manual de Métodos Analíticos de NIOSH (NMAM, por sus siglas en inglés), un método analítico en higiene industrial es un procedimiento estandarizado que describe de manera detallada las técnicas de muestreo y análisis necesarias para identificar y cuantificar la concentración de contaminantes en el aire del lugar de trabajo u otros medios relevantes de exposición ocupacional (Andrews et al., 2020).

Estos métodos incluyen instrucciones específicas sobre el equipo de muestreo, el tiempo y caudal de recolección, el tratamiento de las muestras, la técnica instrumental de análisis (ejemplo: espectrofotometría, cromatografía, microscopía), así como los criterios de validación que aseguran la **precisión, exactitud, sensibilidad y representatividad** de los resultados.

[8] La colección de métodos de muestreo y análisis para el monitoreo de la exposición laboral se encuentra disponible en: *https://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdf/NMAM_5thEd_EBook-508-final.pdf*

Sustancia	Método analítico	Límites de exposición ocupacional (TLV – ACGIH)	Medio de muestreo	Ciclón	Flujo de aire / Caudal de recolección (Q)	Volumen de aire	Tiempo de muestreo	Técnica analítica
				Higgins – Dewell	2,2 l/min	Volúmen mínimo: 400 litros Volúmen máximo: 1000 litros	Tiempo mínimo de muestreo: 181 minutos Tiempo máximo de muestreo: 454 minutos	
				Aluminio	2,5 l/min	Volúmen mínimo: 400 litros Volúmen máximo: 1000 litros	Tiempo mínimo de muestreo: 160 minutos Tiempo máximo de muestreo: 400 minutos	
Sílice respirable cristalina (cuarzo y cristobalita)	NIOSH 7601	0,025 mg/m³	Filtro de membrana de cloruro de polivinilo (PVC). Tamaño de poro: 5µm y diámetro 37 mm. Filtro de mezcla de ésteres de celulosa (MCE) Tamaño de poro: 0,8 µm y diámetro 37 mm. Portafiltro de 37 mm de diámetro, preferiblemente conductivo. Cassette de dos cuerpos	Nylon de 10 mm	1,7 l/min	Volúmen mínimo: 400 litros Volúmen máximo: 800 litros	Tiempo mínimo de muestreo: 235 minutos Tiempo máximo de muestreo: 470 minutos	Espectrofotometría de absorción visible
				Higgins – Dewell	2,2 l/min	Volúmen mínimo: 400 litros Volúmen máximo: 800 litros	Tiempo mínimo de muestreo: 181 minutos Tiempo máximo de muestreo: 363 minutos	
Sílice respirable cristalina (cuarzo, cristobalita y tridimita)	NIOSH 7602	0,025 mg/m³	Filtro de membrana de cloruro de polivinilo (PVC). Tamaño de poro: 5µm y diámetro 37 mm. Portafiltro de 37 mm de diámetro, preferiblemente conductivo. Cassette de dos cuerpos	Nylon de 10 mm	1,7 l/min	Volúmen mínimo: 400 litros Volúmen máximo: 800 litros	Tiempo mínimo de muestreo: 235 minutos Tiempo máximo de muestreo: 470 minutos	Espectrofotometría de absorción infraroja
				Higgins – Dewell	2,2 l/min	Volúmen mínimo: 400 litros Volúmen máximo: 800 litros	Tiempo mínimo de muestreo: 181 minutos Tiempo máximo de muestreo: 363 minutos	

Sustancia	Método analítico	Límites de exposición ocupacional (TLV – ACGIH)	Medio de muestreo	Ciclón	Flujo de aire / Caudal de recolección (Q)	Volumen de aire	Tiempo de muestreo	Técnica analítica
Asbesto	NIOSH 7400	0,1 fibras/cm³	Monitor de campo: cassetate de tres piezas de 25 mm con cubierta de extensión eléctricamente conductora de aprox. 50 mm y filtro de éster de celulosa, tamaño de poro de 0,45 a 1,2 µm, y almohadilla de respaldo.	No aplica	0,5 a 16 l/min	400 litros	A 2,5L/min serían 160 minutos	Microscopía con contraste de fase para conteo manual de fibras

Fuente: *elaborado con base en Andrews et al., 2020; ACGIH, 2023.*

Es importante resaltar que cada método analítico tiene sus ventajas de aplicación, descritas en la tabla 14, para lo cual es importante que el responsable del SG-SST las reconozca y pueda supervisar y garantizar que el método seleccionado y aplicado por el higienista ocupacional sea el adecuado.

Tabla 14. Ventajas de aplicación de cada método analítico

Sustancia	Método analítico	Ventajas de la aplicación
Sílice respirable cristalina	NIOSH 7500[9]	El estándar de oro para cumplimiento. Contratar para: validar el cumplimiento normativo con alta precisión. Es el método más defendible legalmente. Ventaja: es muy específico. Distingue la sílice cristalina peligrosa de otros polvos, evitando "falsos positivos" que podrían llevar a invertir en controles innecesarios. Es la prueba de referencia para la evaluación inicial y periódica.
Sílice respirable cristalina	NIOSH 7601[10]	Método alternativo (legado). Contratar si: es la única opción ofrecida por un laboratorio. Es un método más antiguo. Precaución para el líder: es susceptible a interferencias por minerales de hierro. Puede dar resultados elevados falsamente si hay óxido en el ambiente. Se debe preferir el método 7500 para mayor seguridad jurídica y técnica.
Sílice respirable cristalina	NIOSH 7602[11]	Alternativa rápida y eficaz. Contratar para: obtener resultados potencialmente más rápidos o económicos que con el método 7500, especialmente si el polvo es principalmente cuarzo. Ventaja: es una excelente alternativa al 7500. Se debe consultar al higienista si existen otros minerales (caolinita, feldespatos) que puedan interferir en el análisis.

[9] *https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7500.pdf*
[10] *https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7601.pdf*
[11] *https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7602.pdf*

Sustancia	Método analítico	Ventajas de la aplicación
Asbesto	NIOSH 7400[12]	Monitoreo rápido y liberación de áreas Contratar para: monitoreo de rutina de trabajadores y, fundamentalmente, para la "liberación" de áreas después de trabajos de remoción de asbesto. Ventaja: es rápido y económico. Es el estándar legal para determinar si un área es segura para reingresar. Importante: cuenta todas las fibras de tamaño similar, no solo asbesto. Si se necesita confirmación, se debe usar un método más avanzado.

Fuente: *elaborado con base en Andrews et al., 2020; ACGIH, 2023.*

Se debe utilizar un laboratorio analítico acreditado por la ONAC y, preferiblemente, registrado en el programa Profficicency PAT de la AIHA[13] para analizar las muestras recolectadas (Andrews et al., 2020).

La cantidad de muestras por cada Grupo de Exposición Similar (GES) podrá definirse según lo establecido en la Resolución 2467 de 2022 o con base en lo propuesto por Leidel et al. (1977), específicamente en la tabla 15 en la cual se realiza la selección de muestreo a partir de un número determinado de trabajadores en el GES con el número mínimo de muestras requeridas.

En particular, la Resolución 2467 de 2022, en su Capítulo III —Estrategia para la Evaluación de las Exposiciones a Sílice Cristalina (Fracción Respirable) en Aire—, establece en el numeral 3.2.3 que el número mínimo de muestras necesarias para caracterizar la exposición ocupacional de cada trabajador, contratista o GES debe ser de entre 6 y 10 cuando el grupo tenga un tamaño igual o inferior a 50 personas. Para GES con más de 50 trabajadores, el número mínimo de muestras corresponde a la raíz cuadrada del total de la población (universo).

El objetivo principal de esta estrategia de muestreo no es caracterizar la exposición promedio, sino verificar el cumplimiento con el Valor Límite Permisible (VLP) o TLV®. La tabla de selección de muestreo de NIOSH responde a la pregunta:

> "¿Cuál es el número mínimo de muestras que debo tomar de un GES para estar 95 % seguro de que al menos una de esas muestras excederá el VLP, si la verdadera exposición de al menos un trabajador en el grupo está por encima del VLP?"

En otras palabras, es una herramienta para detectar sobreexposiciones con una alta probabilidad de éxito. La tabla 15 asume que las exposiciones dentro del GES tienen una distribución log-normal.

Tabla 15. Número de trabajadores en el GES con el número mínimo de muestras a tomar.

Número de trabajadores en el GES	Número mínimo de muestras a tomar
8	7
9	8
10	9
10-12	10
13-14	11
15-17	12

[12] *https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7400.pdf*

[13] El Programa Proficiency Analytical Testing (PAT), también conocido como Programa de Pruebas de Aptitud Analítica, es un servicio ofrecido por la AIHA para evaluar y mejorar la competencia de los laboratorios que analizan muestras ambientales y de higiene industrial. En el portal: *https://online.aihapat.org/patssa/f?p=700:910* se puede verificar el listado de los laboratorios participantes.

Número de trabajadores en el GES	Número mínimo de muestras a tomar
18-20	13
21-24	14
25-29	15
30-37	16
38-49	17
50	18

Fuente: *Leidel et al., 1977.*

Nota: la selección de los trabajadores a muestrear en el día de la medición debe ser aleatoria.

Recuerde que...

El higienista ocupacional es quien debe realizar el estudio cuantitativo de la exposición, para lo cual es importante que cuente con la información de los trabajadores expuestos y la determinación de los GES en conjunto con el responsable del SG-SST.

A continuación, se presenta un ejemplo de aplicación:

Escenario: una empresa constructora está realizando cortes en seco de baldosas de concreto en varios pisos de un edificio en construcción. Se ha identificado que esta tarea genera sílice cristalina respirable.

- Agente Químico: sílice cristalina respirable (fracción respirable).
- Valor Límite Permisible (VLP): se adopta el TLV® de la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), que es de 0,025 mg/m³ como promedio ponderado en el tiempo para 8 horas (TWA).

Paso 1: definir el Grupo de Exposición Similar (GES)

El higienista industrial observa las operaciones y define el GES de la siguiente manera:

- Nombre del GES: cortadores de baldosas de concreto.
- Descripción: incluye a todos los trabajadores cuya función principal (más del 70 % de su jornada) es operar una sierra de disco portátil para cortar baldosas de concreto y terrazo (material para pisos y revestimientos murales). Trabajan en áreas semi-ventiladas y no siempre usan controles de agua.
- Número de trabajadores en el GES: después de revisar la nómina y hablar con el supervisor, se determina que hay 8 trabajadores que cumplen con esta descripción.

Paso 2: determinar el número de muestras

El objetivo es verificar si alguna de las exposiciones de los trabajadores de este GES supera el VLP de 0025 mg/m³.

1. Se consulta la tabla de selección de muestreo de Leidel et al. (1977).
2. Se busca la fila que corresponde a un GES entre 18-20 trabajadores.
3. La tabla indica que para un grupo de 18 a 20 trabajadores se debe tomar un mínimo de 13 muestras.

En síntesis, para el GES 'cortadores de baldosas de concreto' compuesto por 20 trabajadores, se deberá realizar un muestreo de jornada completa a 13 trabajadores seleccionados al azar de ese grupo en un día representativo. Si alguno de los resultados supera el VLP, se deben tomar medidas correctivas inmediatas para todos los miembros del GES.

Consentimiento informado y cadena de custodia

Para realizar la toma de muestras a los trabajadores es indispensable diligenciar el formato de consentimiento informado a través del cual se obtiene la autorización del trabajador para participar en dicha medición y se debe garantizar su cadena de custodia. En el formato 1 se presenta un ejemplo de texto para elaborar dicho consentimiento informado y obtener la autorización para la recolección y tratamiento de datos personales:

Formato 1. Consentimiento informado para la evaluación de la exposición ocupacional

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL CON FINES DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LOS RIESGOS LABORALES
Yo, _____, identificado(a) con _____ No. _____, manifiesto que he sido informado(a) de manera clara, suficiente y comprensible sobre el procedimiento de evaluación de la exposición ocupacional mediante la recolección de muestras personales en higiene ocupacional, el cual se realizará con fines exclusivos de prevención, vigilancia y control de los riesgos laborales, orientados a la protección y promoción de la salud de los trabajadores.
1. Finalidad de la evaluación: la evaluación de la exposición ocupacional tiene como finalidad identificar, evaluar y controlar la exposición a agentes físicos, químicos y/o biológicos presentes en el ambiente laboral, con el propósito de prevenir efectos adversos en la salud, fortalecer las acciones de gestión del riesgo y apoyar la mejora continua de las condiciones de trabajo. La información obtenida no será utilizada con fines sancionatorios, disciplinarios ni comerciales, ni para afectar de manera individual la relación laboral o académica del participante.

2. Procedimiento: se me ha explicado en qué consiste el procedimiento de muestreo personal, los equipos a utilizar, el tiempo de duración y las posibles molestias mínimas asociadas. Entiendo que se trata de un procedimiento de bajo riesgo, que no implica intervenciones invasivas ni riesgos significativos para mi salud.

3. Carácter voluntario de la participación: he sido informado(a) de que mi participación es libre y voluntaria y que puedo negarme o retirar mi consentimiento en cualquier momento, sin que ello implique sanciones, represalias o afectaciones laborales, contractuales o académicas.

4. Tratamiento y protección de datos personales: autorizo de manera previa, expresa e informada el tratamiento de mis datos personales, conforme a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 y sus normas reglamentarias, exclusivamente para los fines de prevención y control de los riesgos laborales derivados de la evaluación de la exposición ocupacional.

Mis datos personales serán tratados bajo los principios de legalidad, finalidad, confidencialidad, seguridad, acceso y circulación restringida y solo serán conocidos por el responsable y/o encargado del tratamiento, en el marco de sus funciones en seguridad y salud en el trabajo.

5. Derechos del titular de la información: como titular de los datos personales, se me ha informado que tengo derecho a:

- Conocer, actualizar y rectificar mis datos personales.
- Solicitar prueba de la autorización otorgada.
- Ser informado(a) sobre el uso dado a mis datos.
- Revocar la autorización y/o solicitar la supresión de mis datos, cuando sea procedente.
- Presentar quejas ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) por posibles infracciones a la normativa de protección de datos personales.

6. Confidencialidad y uso de los resultados: los resultados de la evaluación de la exposición serán tratados de forma confidencial y se utilizarán principalmente para la implementación de medidas de prevención y control, tales como mejoras técnicas, administrativas o de protección personal. Cuando los resultados se presenten de manera agregada o técnica, se garantizará la no identificación individual del participante.

Declaro que he leído y comprendido la información aquí consignada, que he recibido las aclaraciones necesarias y que otorgo de manera libre y voluntaria mi consentimiento para la evaluación de la exposición ocupacional y el tratamiento de mis datos personales en los términos descritos.

Nombre del participante: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Nombre del responsable del procedimiento: _____

Cargo / Institución: _____

Firma: _____

La persona que realizó las mediciones debe enviar al laboratorio elegido las muestras para el respectivo análisis con la siguiente información, la cual debe ser específica y clara:

- Fecha del muestreo.
- Código de identificación único asignado a la substancia, material o producto muestreado.
- La localización del muestreo, incluyendo diagramas, croquis o fotografías.
- Una referencia del plan o procedimiento de muestreo usado.
- Detalles de cualquier condición medioambiental durante el muestreo que pudiera afectar la interpretación de los resultados del análisis (temperatura, presión atmosférica, humedad relativa y velocidad del viento).
- Cualquier norma u otra especificación del método o procedimiento de muestreo y desviaciones, adiciones o exclusiones de la especificación implicada.

En la cadena de custodia se deberá diligenciar el respectivo formato, y registrarse la información relacionada con la organización del trabajo, la cual implica la determinación de los elementos que influyen en la intensidad de la exposición ocupacional:

- Duración de los turnos de trabajo.
- Organización de ciclos de trabajo y descanso.
- Horarios y jornada de trabajo.
- Nivel de automatización del proceso de trabajo en función tanto del método (manual o automatizado) y el tipo de herramientas (mecánica, neumática, eléctrica, etc.).
- Descripción de las tareas realizadas por cada uno de los trabajadores dentro del grupo de trabajo y dentro del GES.
- Grado de especialización (actividad/tarea), flexibilidad (rotación o no en diferentes puestos de trabajo) y repetitividad de las actividades realizadas por cada trabajador.

El formato 2 es un ejemplo de la información que se debe diligenciar para garantizar la cadena de custodia de las muestras tomadas.

Formato 2. Cadena de custodia

HOJA DE REGISTRO / CADENA DE CUSTODIA EN LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A SÍLICE Y/O FIBRAS DE ASBESTO
IDENTIFICACIÓN DEL EVALUADOR
Nombre: Número de cédula:
IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJADOR
Nombre: Número de cédula:
IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO
Área: Subárea: Equipo de trabajo: Estación de trabajo: Nombre de la operación: Tasa de producción para el día del muestreo: Relación de equipos en funcionamiento: Descripción de los controles a la exposición ocupacional **OBSERVACIONES DEL PUESTO DE TRABAJO**
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Fecha de evaluación: Turno de evaluación: Número consecutivo de la muestra: Motivo de evaluación: Tipo de muestra: Medio de muestreo:
CONFORMACIÓN DEL TREN DE MUESTREO
Número del cassete: Número de la bomba: Número del calibrador:

PREPARACIÓN DEL TREN DE MUESTREO				
Caudal sugerido de muestreo: 1 - 2 L/min, caudal seleccionado de muestreo: 1,5L/min				
Calibración inicial (cc/min)			Calibración final (cc/min)	
1			1	
2			2	
3			3	
4			4	
5			5	
6			6	
7			7	
8			8	
9			9	
10			10	
Caudal promedio de calibración inicial			**Caudal promedio de calibración final**	
Promedio de calibración				
Hora de inicio:		Hora de parada:		
Hora de reinicio:		Hora de finalización:		
Volumen mínimo (Litros)				
Tiempo objetivo de muestreo (Q = V/t). t= V / Q				
Tiempo de muestreo proyectado (min)				
Tiempo de muestreo proyectado (max)				
Tiempo total de muestreo real (minutos)				
Volumen de aire muestreado real (Litros)				
Velocidad y dirección del viento				
Temperatura				
Humedad				
Altitud y presión atmosférica				

DETERMINACIÓN ANALÍTICA			
Analito	**Método**	**Técnica**	**Observaciones**
RESPONSABLE EVALUACIÓN		**FIRMA DEL TRABAJADOR**	
ADMINISTRACIÓN DE CADENA DE CUSTODIA			
Fecha de envío a laboratorio:			
Fecha de recepción de resultados de laboratorio:			

- **Equipos necesarios para realizar el muestreo**

Para hacer un correcto muestreo se requiere de un equipamiento especial que corresponde al relacionado en la tabla 16.

Tabla 16. Equipos para el muestreo

Elemento	Especificaciones
Calibrador de flujo	Medidor de caudal de burbuja ya que sus lecturas son independientes de la temperatura y la presión atmosférica.
Bomba de muestreo con batería de repuesto	Esta bomba debe garantizar el caudal del método de muestreo de la sustancia.
Medios de muestreo	Filtros de MEC (metil ester celulosa), filtros de PVC, entre otros.
Ciclón	Dispositivo usado para separar partículas por tamaño. Permite que solo la fracción respirable (generalmente < 4 µm) llegue al filtro. La especificación clave es el caudal de operación (p. ej., 1,7 L/min, 2,5 L/min) que garantiza su tamaño de corte, según el modelo. Se selecciona en función del método analítico a emplear en la estrategia de muestreo.
Termoanemómetro[14]	Mide la velocidad del aire (m/s) y la temperatura (°C). Se utiliza para caracterizar las condiciones de ventilación y las corrientes de aire en el punto de muestreo que pueden afectar la concentración del contaminante. Debe contar con certificado de calibración vigente.

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

[14] En un estudio de evaluación de la exposición ocupacional, la disponibilidad de un termoanemómetro y un registro preciso de los valores de temperatura y velocidad del aire son fundamentales. El termoanemómetro proporciona mediciones precisas de la velocidad del aire, lo cual es fundamental para determinar la dispersión de contaminantes y la eficacia de la ventilación.

Es necesario tener en cuenta que la bomba de muestreo utilizada para recolectar la muestra debe ser compatible con las necesidades de muestreo y los medios utilizados. Específicamente, la bomba debe ser capaz de mantener la tasa de flujo deseada durante el periodo de tiempo necesario utilizando el medio de muestreo especificado.

La calibración precisa de las bombas de muestreo es fundamental en cualquier estudio de higiene industrial, ya que garantiza la fiabilidad y exactitud de los datos recopilados. Tanto al inicio como al final de cada muestra, la calibración de las bombas es un paso crítico que no puede pasarse por alto.

- **Aplicación y ajuste de los límites de exposición ocupacional**

Una vez obtenidos los resultados de las muestras analíticas se debe realizar el análisis de los resultados con los valores límite permisibles teniendo en cuenta el ajuste por el tiempo de exposición, esto con el fin de determinar el rango de exposición de acuerdo con su categorización, presentada en la tabla 13.

Usualmente, los límites legales se definen como concentraciones medias ponderadas en periodos de 8 horas de la jornada diaria y de 40 horas de trabajo a la semana. Cuando la jornada de trabajo es diferente, es necesario considerar el ciclo de trabajo-descanso. En jornadas extendidas, la dosis total absorbida crece y, a su vez, disminuye el tiempo para la recuperación. Para tales casos, se realizan ajustes a los VLP.

Cuando se presentan jornadas diarias de más de 8 horas de trabajo y mayores a 40 horas a la semana la 'Guía de atención integral basada en la evidencia para trabajadores expuestos a Benceno y sus derivados (Gatisst)' recomienda utilizar el modelo de reducción del VLP, mediante la aplicación del modelo matemático de Brief y Scala:

- Valor límite permisible corregido por el tiempo de exposición diario

$$Fr = \frac{8}{Hd} * \frac{24 - Hd}{16}$$

- Valor límite permisible corregido por el tiempo de exposición semanal

$$Fr = \frac{40}{Hs} * \frac{168 - Hs}{128}$$

- VLP Corregido

$$TLVc = Fr * VLP\ 8\ horas$$

Fr = Factor de reducción

Hd = Horas turno diario (más de 8 horas)

Hs = Horas de trabajo durante la semana

VLP = Valor límite permisible (mg/m³)

El factor resultante para cada caso se multiplica por el valor VLP ponderado.

- Valor límite permisible corregido por temperatura y presión

$$\left(\frac{Vm * Pm}{Tm}\right) = \left(\frac{Vc * Pc}{Tc}\right)$$

Vm = Volumen muestreado (m³)

Pm = Presión del muestreo (mm de Hg)

Vc = Volumen corregido (m³)

Pc = Valor límite permisible (mg/m³)

Tm = Temperatura del muestreo (°K)

Tc = Temperatura de calibración (°K)

$$Fr = \left(\frac{P}{760}\right)$$

r = Factor de reducción

P = Presión del lugar de trabajo (mm de Hg)

- **Criterios para la aplicación de los valores límite permisibles**

Es preciso resaltar la importancia de analizar correctamente los valores medidos durante el monitoreo de exposición personal. Para ello, es necesario identificar aquellos que sean atípicos (valores altos o bajos que varían significativamente de otros) y revisar el registro de comportamiento del trabajador durante el monitoreo o consultar con el proceso de trabajo si se detecta alguna anormalidad. Además, se deben tener en cuenta otros factores como la variabilidad temporal y espacial de la exposición. De esta forma, se obtendrá una interpretación precisa de los valores medidos y del nivel de riesgo derivado, de acuerdo con la categorización de los rangos de exposición que se presentan en la tabla 17 (Hashimoto et al., 2018).

Tabla 17. Categorización de los rangos de exposición

Categoría	Concentración observada	Acciones de gestión a realizar
4. **Exposición muy alta:** corresponde a la zona con valores superiores al límite de exposición ocupacional.	> 100 % del límite de exposición ocupacional Percentil 95 de la distribución es > 100 % del límite de exposición ocupacional.	Implementar la jerarquía de controles. Monitoreo permanente de la exposición. Desarrollo de un programa de protección respiratoria implementando criterios de selección de respiradores.
3. **Exposición muy alta:** comprendida entre el nivel de acción[16] y el límite de exposición ocupacional. Se determina que los puestos comprendidos dentro de esta zona deben ser muestreados con cierta frecuencia a fin de vigilar el comportamiento de las concentraciones.	50 % - 100 % del límite de exposición ocupacional.	Monitoreo de la exposición. Vigilancia médica. Inspección periódica del lugar de trabajo para verificar la eficacia de los controles a la exposición.
2. **Exposición baja:** corresponde a los valores inferiores al nivel de acción (que corresponde al 50 %	10 % - 50 % del límite de exposición ocupacional.	Monitoreo de la exposición. Programa de comunicación del riesgo.

[15] Para ampliar esta información se sugiere consultar los lineamientos dados por NIOSH para la selección de respiradores disponibles en el link: *https://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-100/default.html*

[16] Nivel de acción: es >50% del TLV de las sustancias. Es un umbral más bajo que el TLV, diseñado para activar medidas preventivas tempranas antes de que alcance el TLV y están destinados específicamente a proteger al trabajador.

Categoría	Concentración observada	Acciones de gestión a realizar
del límite de exposición ocupacional), en los que se considera que los riesgos para la salud son mínimos.	10 % - 50 % del límite de exposición ocupacional.	Monitoreo de la exposición. Programa de comunicación del riesgo.
1. **Exposición mínima:** corresponde a los valores inferiores al 10 % del límite de exposición ocupacional en los que se considera que los riesgos para la salud no existen y se toma como referencia para definir el concepto de calidad del aire. Este intervalo no aplica para el caso de sustancias con efectos cancerígenos.	< 10 % del límite de exposición ocupacional.	Programa de comunicación del riesgo Educación y entrenamiento de los trabajadores
0.	< 1 % del límite de exposición ocupacional.	No se requieren acciones.

Fuente: *elaboración propia a partir de Mulhausen (2015).*

- **Información complementaria**

Dicha información, cuando proceda, deberá estar debidamente referenciada.

- Certificados de calibración.
- Licencia de salud y seguridad en el trabajo.
- Documentos de recolección de datos de exposición a temperatura, presión atmosférica y ventilación.

- **Exposición a mezclas de diferentes agentes químicos con efectos aditivos**

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, por sus siglas en inglés) recomienda tener cuidado al momento de aplicar los límites de exposición ocupacional para la evaluación de los riesgos asociados a la exposición a mezclas de dos o más sustancias, teniendo en cuenta que dichos límites se establecen para agentes químicos específicos y no para las mezclas de estos.

Cuando en el ambiente están presentes varios agentes que ejercen la misma acción sobre los mismos órganos o sistemas, es necesario considerar su efecto combinado como aditivo, salvo que se disponga de información que indique que los efectos son sinérgicos o independientes (ACGIH, 2023).

De acuerdo con lo anterior, la comparación con los valores límite debe realizarse empleando la siguiente fórmula:

$$Nivel\ de\ riesgo\ de\ la\ mezcla = \frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \frac{C_3}{TLV_3} + \ldots + \frac{C_n}{TLV_n} \leq 1$$

En donde C_n corresponde a la concentración medida del agente químico n y TLVn al límite de exposición ocupacional del agente químico n.

Si el resultado obtenido es mayor que la unidad, ha de entenderse que se ha superado el límite de exposición ocupacional para la mezcla en cuestión y existirá sobreexposición (ACGIH, 2023). Lo anterior implica la obligatoriedad del análisis previo de las sustancias o agentes químicos a nivel individual.

En la tabla 18 se desarrolla un ejemplo de aplicación, en el siguiente contexto: durante una jornada laboral de 8 horas, se realizó muestreo personal a un trabajador de una obra en demolición.

Tabla 18. Ejemplo de cálculo del nivel de riesgo frente a exposición a mezclas de diferentes agentes químicos con efectos aditivos

Agente	Concentración medida (C)	TLV-TWA (ACGIH 2025)	C / TLV (nivel de riesgo individual)
Sílice cristalina respirable	0,018 mg/m³	0,025 mg/m³	0,72
Fibras de asbesto	2,5 fibras/cm³	0,1 fibras/cm³	25
Polvo respirable de cemento portland	3 mg/m³	1,0 mg/m³	3
Suma del nivel de riesgo individual (grado de riesgo global)			28,72

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

El valor total es 28,72 lo cual supera el valor de referencia de 1,0 establecido por la ACGIH. Esto indica que la exposición combinada a sílice, asbesto y polvo de cemento excede el límite aceptable para la mezcla, considerando su efecto aditivo sobre el aparato respiratorio. Por tanto, se concluye que existe una situación de sobreexposición para el trabajador.

Recuerde que...

El higienista ocupacional es quien debe realizar el estudio cuantitativo de la exposición, establecer los GES y el nivel de riesgo con base en los resultados de las mediciones y en la información que suministre el responsable del SG-SST.

- **Revisión e interpretación del informe de evaluación cuantitativa de la exposición ocupacional**

Un informe de evaluación cuantitativa de la exposición ocupacional a sílice y asbesto debe proporcionar información precisa y útil para la prevención de enfermedades profesionales. Por ello, el **líder o responsable del SG-SST deberá verificar** que el informe contenga, entre otras, las siguientes secciones:

1. Descripción del entorno laboral: esta sección debe ofrecer un panorama detallado del ambiente de trabajo y los procesos asociados al riesgo de exposición:

- Identificación del lugar de trabajo: empresa, sede, área específica, ubicación geográfica.
- Descripción de procesos y tareas críticas: operaciones como corte, demolición, pulido, perforación o manipulación de materiales que contienen sílice cristalina (cuarzo, tridi-

mita, cristobalita) o fibras de asbesto (crisotilo, crocidolita, amosita, etc.).

- Ubicación de fuentes de emisión y generación de polvo/fibras.
- Identificación del grupo expuesto: número de trabajadores, jornada laboral, frecuencia de exposición, rotación de tareas.
- Características del espacio físico: zonas abiertas o confinadas, ventilación (natural o mecánica), acumulación de residuos, condiciones de limpieza.

2. Identificación de agentes peligrosos, rutas y órganos blanco de exposición: esta sección caracteriza a los agentes desde el punto de vista toxicológico y fisiopatológico

- Clasificación de los agentes: según el SGA, toxicidad aguda, carcinogenicidad, toxicidad reproductiva y propiedades fisicoquímicas.
- Ruta de exposición principal: inhalación de partículas o fibras respirables, contacto con la piel, ingesta de agua o alimentos en el lugar de trabajo.
- Órganos blancos: pulmones, riñones, ovarios, pleura y peritoneo, entre otros.
- Condiciones de exposición: actividades en seco, uso inadecuado de EPP, ventilación deficiente, acumulación de polvo visible, ejecución de actividades en espacios cerrados, duración y frecuencia de la exposición, ausencia o deficiencia de controles de ingeniería, selección o uso inadecuado de los elementos de protección personal, ausencia de capacitación y sensibilización sobre los peligros derivados de la utilización de estos agentes.
- Controles existentes: sistemas de extracción localizada, métodos húmedos, cabinas de aislamiento, mantenimiento de sistemas de ventilación, políticas de limpieza, entre otros.

3. Evaluación de la exposición y estimación del riesgo global

- Diseño de la estrategia de muestreo: determinación de tareas y puestos críticos a muestrear, basado en observaciones previas o evaluaciones cuantitativas, selección del tipo de muestreo, duración.
- Métodos analíticos empleados, medios de recolección, blancos de muestreo, transporte de las muestras y registros de recolección de muestras de campo, identificación y rotulado de las muestras.
- Certificados de calibración de los equipos de muestreo empleados con la trazabilidad correspondiente
- Cadena de custodia y registro completo desde la recolección de las muestras hasta su análisis.
- Interpretación de resultados en términos de la comparación contra los límites de exposición ocupacional (LEO), la estimación del riesgo global cuando hay mezclas u otras exposiciones concomitantes.

4. Conclusiones y recomendaciones

- Resumen del riesgo por proceso / puesto de trabajo.
- Desviaciones críticas encontradas.
- Recomendaciones técnicas para la intervención.
- Recomendaciones para la vigilancia ambiental y de la salud de los trabajadores.

Recuerde que...

El higienista ocupacional es quien debe realizar el estudio cuantitativo de la exposición; sin embargo, el responsable del SG-SST debe verificar que todo el estudio se haya realizado bajos los parámetros establecidos por la normatividad legal aplicable y para el contexto, entorno y trabajadores expuestos en la organización. Además, el responsable del SG-SST debe conocer e interpretar adecuadamente el informe para realizar y actualizar su matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos y determinar los controles a implementar en su organización.

Controles y medidas de prevención frente a la exposición a sílice y asbesto

Para el establecimiento de controles y medidas de prevención frente a la exposición a sílice y asbesto, existe un esquema de jerarquía de controles, que permite ordenar por prioridad aquellas medidas que sean efectivas, garantizando que se consideren primero las soluciones más robustas y permanentes antes que las que dependen del comportamiento del trabajador como se evidencia en la figura 10.

Figura 10. Jerarquización de controles



Fuente: elaboración propia a partir de AIHA (2024).

La ISO 45001 define una jerarquía de controles que debe ser seguida a la hora de establecer, implementar y mantener medidas de seguridad para la eliminación de los peligros y la reducción de los riesgos para el trabajador. Esta jerarquía puede establecerse de acuerdo con los siguientes criterios:

Criterio 1: siempre debe priorizarse la eliminación del peligro y las posibles situaciones que resulten en una menor generación del agente peligroso.

Criterio 2: se deben implementar las medidas necesarias para garantizar que el nivel de exposición de los trabajadores se reduzca a un valor tan bajo como sea técnicamente posible.

Criterio 3: el uso de equipos de protección personal es siempre la última medida, pues su efectividad depende de múltiples factores difíciles de controlar.

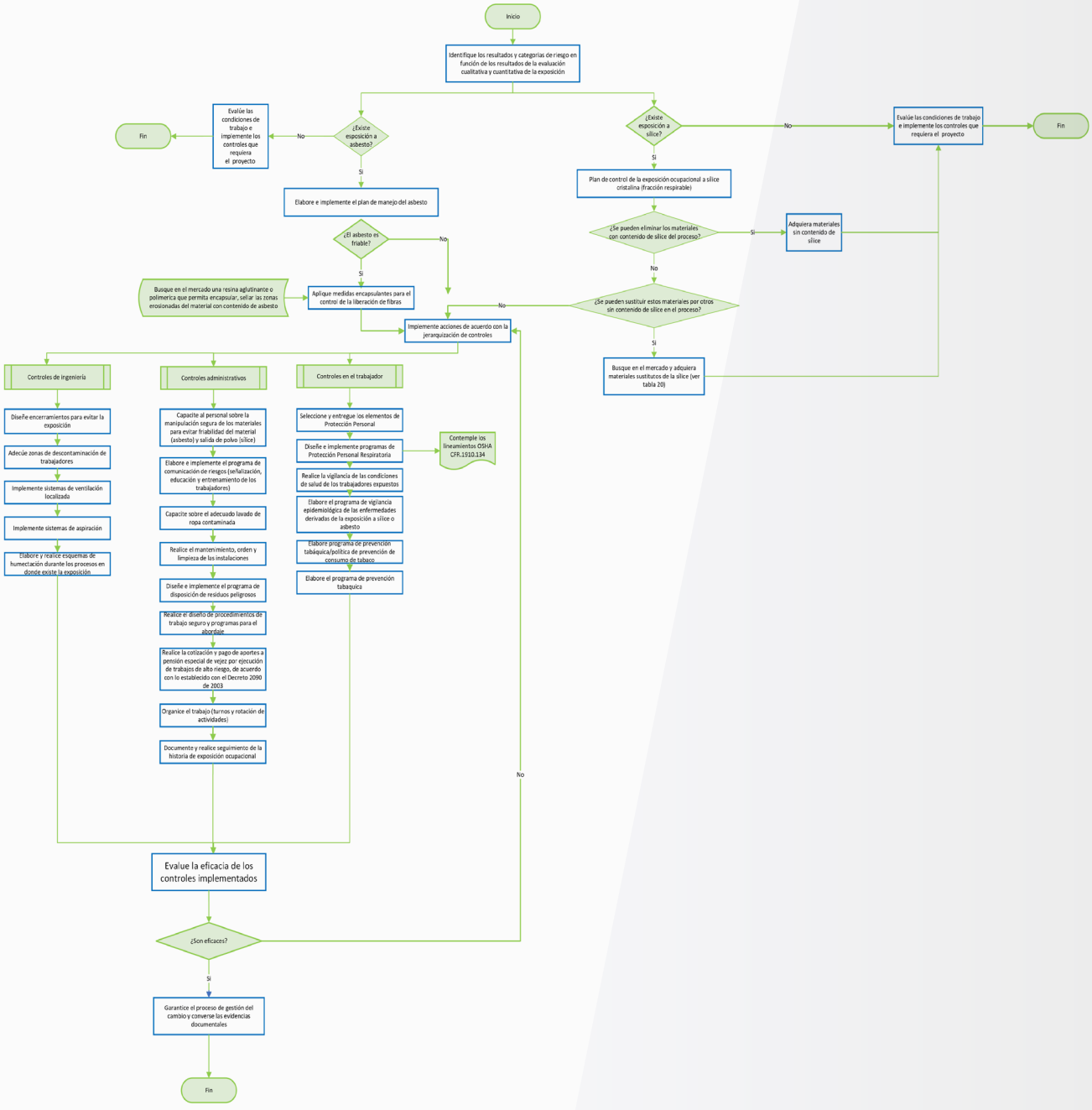
Recuerde que...

El responsable del SG-SST es quien debe determinar, implementar y evaluar la eficacia de los controles de gestión del riesgo en su organización, de acuerdo con los resultados de la evaluación cualitativa y cuantitativa de la exposición. A su vez, la implementación de los controles más eficaces debe estar alineados con los recursos humanos y financieros que se asignen de la alta gerencia.



De acuerdo con esto, en la figura 11 se establece la jerarquización de controles para el manejo de la exposición a sílice y asbesto.

Figura 11. Flujograma de la jerarquización de controles por exposición a sílice y/o asbesto



Eliminación y sustitución: controles en la fuente del riesgo

Son medidas preventivas diseñadas para eliminar o reducir los riesgos directamente en el lugar donde se originan, en la fuente primaria de exposición. Estos controles se enfocan en hacer intervención antes de que el peligro se extienda o se convierta en un riesgo para los trabajadores u otras personas.

Por ejemplo, en los últimos años se ha promovido la sustitución progresiva de sustancias químicas causantes de enfermedades laborales, por otras menos peligrosas. El asbesto puede ser sustituido por fibras de vidrio sintéticas no inspirables, los disolventes orgánicos de las pinturas pueden ser sustituidos por agua; de igual modo, abrasivos sin sílice pueden reemplazar la arena en el decapado abrasivo, etcétera (Solís, 2006).

En el caso de la sílice, su eliminación total no es factible por ser un componente natural de la corteza terrestre y el segundo mineral más abundante y presente en materiales ampliamente utilizados como la arena, el concreto, el mortero y los ladrillos. Sin embargo, es posible considerar alternativas como el uso de estructuras en acero, madera o concretos con agregados sustitutos que no contengan sílice cristalina respirable, con el objetivo de reducir la exposición de los trabajadores a este agente peligroso.

Desde el enfoque preventivo, la sustitución constituye una medida prioritaria, ya que actúa en la fuente del riesgo, eliminando o reduciendo significativamente la exposición mediante la incorporación de materiales o agentes menos peligrosos y debe ser la primera opción a considerar. Incluso, si no resulta técnica o económicamente viable, **es obligatorio documentar y justificar** dicha imposibilidad como parte del proceso de gestión del riesgo.

Cuando la sustitución total del agente o del proceso no sea viable, deberán explorarse alternativas de sustitución parcial, ya sea del agente químico o de los procedimientos involucrados. Esto puede lograrse mediante cambios operativos, la tecnificación de los procesos existentes o su automatización, con el fin de disminuir la generación y dispersión del contaminante en el ambiente laboral. En la tabla 19 se relacionan los posibles materiales que pueden sustituir la sílice.

Tabla 19. Posibles materiales sustitutos de la sílice

Material con contenido de sílice	Material sustituto	Aplicación
Hormigón	Mezclas de cemento sin sílice o con bajo contenido de sílice	Utilizadas en estructuras y pavimentos. Reduce el polvo de sílice durante la mezcla y el vertido.
Mortero	Resinas epoxi	Utilizadas para revestimientos y reparaciones. Elimina la exposición a la sílice durante la aplicación y el lijado.
Baldosas cerámicas	Baldosas de materiales sintéticos o vidrio	Utilizadas en suelos y paredes. Alternativa libre de sílice para evitar la liberación de polvo durante el corte y la instalación.
Cemento	Cementos alternativos sin sílice	Utilizados en una variedad de aplicaciones de construcción. Reduce significativamente la exposición a la sílice durante la manipulación y el mezclado.

Fuente: *elaboración propia a partir de: OSHA (2017); National Toxicology Program [NTP] (2021); NIOSH (2024); HSE, (s.f.).*

En la tabla 20 se presentan ejemplos de cómo se pueden sustituir agentes y procedimientos en operaciones de desbastado y saneamiento de piezas metálicas (*sandblasting*). **Tenga presente que esto aplica únicamente para esta actividad.** Estas sustituciones permiten minimizar el impacto ambiental y la exposición.

Tabla 20. Ejemplo de posible sustitución de agente/procedimiento

Operación	Tipo de sustitución	Agente/procedimiento de sustitución
Desbastado y saneamiento de piezas metálicas por proyección de abrasivos (arenas silíceas)	Total del agente.	Corindón, granalla metálica, abrasivo plástico, etc.
	Total del procedimiento.	Corte por láser/lanza térmica.
	Parcial del procedimiento.	Fabricación automatizada previa para menores necesidades de desbastado.
	Parcial del agente.	Granalla de acero inoxidable en determinadas zonas de las piezas.

Fuente: *elaboración propia a partir de Carballo et al. (2022).*

Como el riesgo de exposición a asbesto se conoce desde antes de 1980, se han desarrollado productos que utilizan materiales sustitutos libres de asbesto, basados en materiales patentados en Estados Unidos y Europa. En la tabla 21 se presentan los más utilizados

Tabla 21. Posibles materiales sustitutos del asbesto

Tipo de materiales	Usos	Sustitutos
Materiales para la construcción	Tableros y láminas, juntas de yeso, productos reforzados con fibra, láminas inorgánicas y compuestos para juntas.	Atapulgita, pulpa de celulosa, algodón, fibra mineral, hidroxipropilmetilcelulosa, poliacrilamida, polipropileno, fibra de alcohol polivinílico, sepiolita, pulpa de humo de sílice y lana de escoria.
Juntas y láminas de unión	Junta y chapa de unión.	Fibra de aramida, fibra de poliamida aromática, fibra de celulosa, fibra cerámica, fibra de nailon, fibra fenólica y fibra vítrea.
Telas	Sellador de cinta, embalaje de cuerda, hilo y otros tejidos.	Fibra de algodón, fibra de vidrio, papel (hebra) que contiene fibra cerámica, hilo o fibra de vidrio texturizada y fibra acrílica.
Otros	Sellado, amortiguación y separación.	Fibras de aramida y poliaramida.
	Diafragmas (láminas fibrosas).	Fibra de politetrafluoroetileno (PTFE) y fibra inorgánica.
	Sustrato electroconductor.	Fibra de carbono (o fibra de grafito), fibra mineral inerte y fibra de PTFE.
	Empaquetadura de válvula.	Fibra de carbono y aleación metálica.

Fuente: *elaboración propia a partir de Park (2018).*

Controles de ingeniería

Estos controles protegen a los trabajadores eliminando las condiciones peligrosas o colocando una barrera entre el trabajador y el peligro. Algunos ejemplos incluyen ventilación localizada para capturar y eliminar las emisiones atmosféricas o protecciones de máquinas para proteger al trabajador. Usualmente no interfieren con la productividad del trabajador ni con su comodidad personal. El costo inicial de los controles de ingeniería puede ser más alto que el de otros métodos de control, pero, a largo plazo, los costos operativos suelen ser más bajos y, en algunos casos, pueden proporcionar un ahorro en otras áreas del proceso (NIOHS, 1997).

A continuación, se presentan algunos de los controles de ingeniería que, de acuerdo con sus necesidades, recursos y operaciones, podrían ser incorporados.

1. Ventilación de propósito general

La ventilación de propósito general es una medida de control de ingeniería orientada a reducir la concentración de contaminantes en el aire del ambiente de trabajo, mediante la renovación y dilución del aire contaminado con aire limpio. En el sector de la construcción esta estrategia se utiliza como medida complementaria para el control de la exposición ocupacional a sílice cristalina respirable y fibras de asbesto. Este tipo de sistemas de ventilación actúa sobre el ambiente completo de trabajo a diferencia de la ventilación por extracción localizada que captura el contaminante en la fuente. Su principal función es diluir el polvo y las fibras en suspensión disminuyendo la concentración promedio en el aire y por lo tanto la dosis inhalada por los trabajadores. Resulta especialmente útil en actividades como: corte, demolición, perforación o remoción de materiales con contenido de sílice y/o asbesto en espacios cerrados o parcialmente confinados como edificaciones en obra gris, sótanos, túneles o áreas de circulación de aire limitada.

Desde el punto de vista de la jerarquía de controles, la ventilación de propósito general no debe considerarse una medida suficiente por sí sola para el control de la exposición a sílice y asbesto debido a la alta peligrosidad de estos agentes y a sus bajos límites de exposición ocupacional. Sin embargo, resulta útil como medida de apoyo combinada con controles más efectivos como la ventilación por extracción localizada, los métodos húmedos, el encapsulamiento de fuentes, las barreras físicas y el uso adecuado de equipos y elementos de protección personal respiratoria (Collingwood et al., 2007).

Para que sea efectiva debe estar adecuadamente diseñada y mantenida, considerando aspectos como el volumen del espacio, la tasa de renovación de aire, la dirección de los flujos de ingreso y de salida, la ubicación de las tomas de aire y la prevención de la recirculación de aire contaminado.

2. Ventilación Localizada (LEV)

La ventilación localizada (LEV, por sus siglas en inglés) es un sistema diseñado para capturar y remover contaminantes del aire, como polvo, humo, vapor y gases, directamente en el punto donde se generan. El sistema consta típicamente de un capuchón o campana de extracción, conductos para el transporte del aire contaminado, un sistema de filtración o tratamiento y un ventilador que genera la succión necesaria para mover el aire a través del sistema como se presenta en la figura 12 (Anlimah et al., 2023).

Figura 12. Ventilación localizada



Fuente: *elaboración con ChatGTP, 2025.*

Su eficacia depende del diseño, instalación y mantenimiento del sistema. Estudios han demostrado que el uso de LEV puede reducir significativamente la exposición a contaminantes peligrosos como la sílice respirable (Alexander et al., s.f.) (Anlimah et al, 2023; Radnoff et al., 2015), como se presenta en la figura 13.

Figura 13. Aplicación, descripción y eficiencia de la Ventilación Localizada (LEV)

Aplicación	Descripción	Eficacia
Corte de cemento y concreto.	Uso de LEV en herramientas como sierras y amoladoras portátiles para capturar polvo de sílice.	Reducción de exposición a sílice cristalina en un promedio del 95 %.
Fabricación de encimeras de piedra.	Corte y pulido húmedo utilizando LEV.	Control significativo del polvo, aunque requiere una cantidad relevante de agua.
Operaciones en fundiciones.	Evaluación de LEV en operaciones de limpieza de fundiciones.	Mejora significativa en la reducción de exposición a polvo de sílice.

Fuente: *elaboración propia a partir de Alexander et al. (s.f.).*

3. Aspiración

Los sistemas de aspiración diseñados para prevenir la exposición a sílice y asbesto funcionan mediante la captura eficiente de partículas finas y fibras en el aire antes de que los trabajadores las respiren, como lo muestra la figura 14.

Estos sistemas incluyen una variedad de equipos, como aspiradoras industriales con filtros de alta eficiencia (High Efficiency Particulate Air - [HEPA]), extractores de polvo portátiles conectados a herramientas eléctricas y sistemas de extracción localizada que capturan el polvo directamente en la fuente de generación (Alexander et al., s.f).

Figura 14. Sistemas de aspiración



Fuente: *elaboración con ChatGTP, 2025.*

Algunas de las actividades del sector de la construcción, en donde pueden ser utilizados los sistemas de aspiración para prevenir la exposición de los trabajadores a sílice y asbesto, se describen en la tabla 22.

Tabla 22. Sistemas de extracción y aspiración en actividades de la construcción con liberación de polvo y fibras

Aplicación	Descripción
Corte y perforación de hormigón	Uso de aspiradoras industriales con filtros HEPA para capturar el polvo de sílice generado durante el corte y perforación.
Remoción de materiales de construcción antiguos	Empleo de sistemas de aspiración que capturan fibras de asbesto liberadas al remover materiales antiguos, como el revestimiento de techos o el aislamiento.
Trabajos de demolición	Implementación de sistemas de extracción localizada para controlar el polvo y las partículas de sílice y asbesto liberadas durante la demolición.
Instalación y mantenimiento de sistemas de tuberías	Uso de extractores de polvo portátiles conectados a herramientas eléctricas durante la manipulación de tuberías que contienen materiales como cemento y asbesto.
Trabajos de renovación y remodelación	Aplicación de sistemas de aspiración en áreas de trabajo donde se manipulan materiales que pueden contener sílice y asbesto, como paneles de yeso y pinturas antiguas.

Fuente: *elaboración a partir de Alexander et al. (s.f.).*

4. Humectación

Son técnicas que involucran el uso de agua u otros líquidos para suprimir el polvo durante actividades que generan partículas de sílice o fibras de asbesto con efectos en la reducción de la dispersión de materiales peligrosos en el aire y minimización del riesgo de inhalación por parte de los trabajadores. En la tabla 23 se pueden observar las principales técnicas de humectación utilizadas.

Tabla 23. Técnicas de humectación

	**Rociado directo** Descripción: aplicación directa de agua sobre la superficie del material para suprimir la generación de polvo. Actividades: - Corte y perforación de hormigón - Remoción de materiales que contienen asbesto
	**Sistema de nebulización** Descripción: generación de una fina neblina de agua para envolver las partículas de polvo y evitar su dispersión. Actividades: Minería, construcción y otras industrias con operaciones secas y polvorientas.
	**Herramientas con agua integrada** Descripción: utilización de herramientas eléctricas y maquinaria con sistemas de supresión de polvo mediante agua incorporada. Actividades: Sierras, amoladores, perforadoras en la industria de la construcción y la demolición
	**Barreras de agua** Descripción: creación de barreras físicas de agua alrededor del área de trabajo para capturar el polvo generado. Actividades: Trabajos de demolición y manipulación de materiales con sílice o asbesto.

Fuente: *elaboración a partir de: US Environmental Protection Agency (EPA) (2013) y OSHA (2016a). Imágenes generadas con ChatGTP, 2025.*

5. Encapsulamiento de materiales y fibras

El encapsulamiento es una técnica utilizada para evitar que fibras peligrosas, como las que libera el asbesto y el polvo de sílice, salgan al ambiente. La técnica consiste en la aplicación de un revestimiento que cubre y sella los materiales peligrosos, impidiendo la liberación de fibras o partículas al aire (Bolan et al., 2023). En la figura 15 se encuentra una imagen que ilustra el uso de este método, usado como una estrategia de control de exposición que se utiliza cuando la eliminación de los materiales no es viable.

En la tabla 24 y en la tabla 25 se encuentran los métodos de encapsulamiento de materiales con contenido de asbesto y sílice respectivamente.

Figura 15. Encapsulamiento de materiales y fibras



Fuente: *elaboración con ChaGTP, 2025.*

Tabla 24. Métodos de encapsulamiento de materiales con contenido de asbesto

Materiales con asbesto	Métodos de encapsulamiento	Descripción del método	Ejemplo de materiales para encapsulamiento
Aislamiento y revestimientos	Recubrimientos penetrantes	Selladores que penetran y fortalecen el material, sellando las fibras de asbesto en su lugar.	Selladores acrílicos, epóxicos y de poliuretano.
Baldosas de vinilo y pisos	Recubrimientos de superficie	Aplicación de una capa protectora sobre la superficie del material para evitar la liberación de fibras.	Pinturas encapsulantes, barnices y selladores de superficie.
Tuberías y calderas	Encapsulamiento transitorio	Productos temporales que encapsulan las fibras durante manipulación o remoción segura.	Espumas de sellado temporal, geles de encapsulamiento.
Materiales de construcción (paneles de yeso, techos)	Recubrimientos penetrantes	Selladores que penetran el material para contener las fibras de asbesto en el lugar.	Recubrimientos de látex, resinas de silicona.
Paneles y revestimientos en paredes	Recubrimientos de superficie	Formación de una capa protectora sobre el material que no penetra, ideal para superficies no porosas.	Recubrimientos elastoméricos, pinturas de barrera.

Fuente: *elaboración propia a partir de OSHA (s.f.) y EPA (2013).*

Tabla 25. Métodos de encapsulamiento de materiales con contenido de sílice

Materiales con sílice	Métodos de encapsulamiento	Descripción	Ejemplo de materiales para encapsulamiento
Hormigón y mortero	Recubrimientos penetrantes	Selladores que penetran y fortalecen el material, encapsulando las partículas de sílice.	Selladores acrílicos, epóxicos y de poliuretano.
Ladrillos y bloques de construcción	Recubrimientos de superficie	Aplicación de una capa protectora sobre la superficie del material para evitar la liberación de polvo.	Pinturas encapsulantes, barnices y selladores de superficie.
Superficies de piedra (granito, mármol)	Encapsulamiento transitorio	Productos temporales que encapsulan las partículas durante la manipulación o corte.	Espumas de sellado temporal, geles de encapsulamiento.
Paneles de yeso y materiales de fibrocemento	Recubrimientos penetrantes	Selladores que penetran y fortalecen el material, encapsulando las partículas de sílice.	Recubrimientos de látex, resinas de silicona.
Pisos de resina y revestimientos	Recubrimientos de superficie	Formación de una capa protectora sobre el material que no penetra, ideal para superficies no porosas.	Recubrimientos elastoméricos, pinturas de barrera.
Materiales de construcción ligera (yeso, estuco)	Encapsulamiento transitorio	Uso de productos que encapsulan temporalmente durante el manejo y desecho de los materiales.	Selladores en aerosol, recubrimientos de goma.

Fuente: *elaboración propia, a partir de Health and Safety Executive (s.f.).*



6. Diseño de encerramientos

Los encerramientos para evitar la exposición a sílice y asbesto son estructuras diseñadas que controlan la propagación de polvo y fibras peligrosas en áreas de trabajo. Estos sistemas pueden ser totales, que cubren completamente la zona de trabajo, o parciales, que proporcionan una barrera temporal para reducir la dispersión de contaminantes. Generalmente, son fabricados con materiales como plástico de polietileno, madera y metal (WorkSafe, 2016). Deben ser robustos y estar equipados con ventilación controlada mediante extractores de aire con filtros HEPA para mantener una presión negativa. Además, incluyen accesos sellados y mecanismos de supervisión para garantizar un ambiente seguro y cumplir con las normas de seguridad y salud en el trabajo.

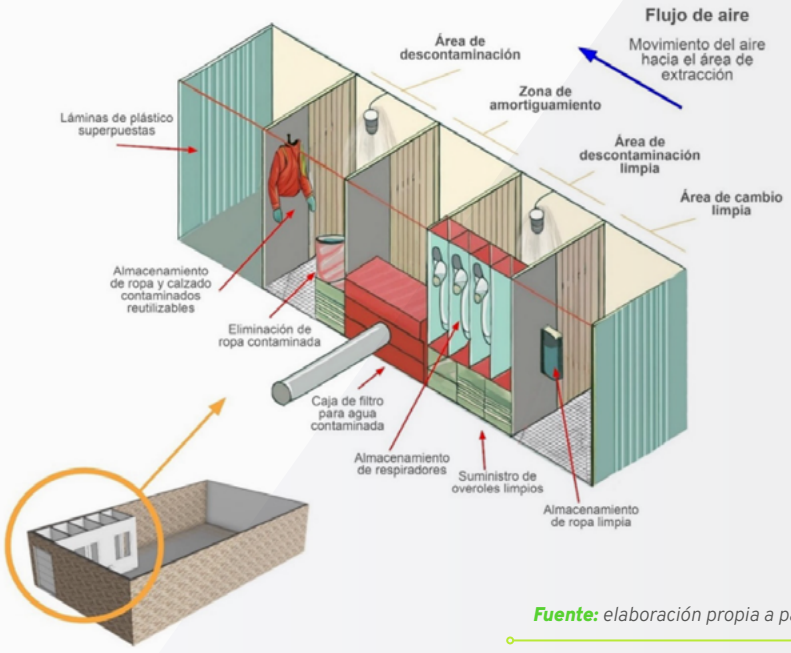
Una vez identificados todos los focos de generación del agente peligroso, se debe priorizar, siempre que sea posible, el cerramiento del proceso para garantizar que no se produzca la exposición.

Una práctica común de encerramiento en el sector de la construcción es la instalación de toldos sobre las tolvas de recepción, almacenamiento o transferencia de materiales con sílice (como arena o agregados). El toldo actúa como una cubierta parcial para contener el peligro lo más cerca posible de su punto de generación.

7. Diseño de zonas de descontaminación

Las zonas de descontaminación son áreas específicas diseñadas para la limpieza y descontaminación de trabajadores, equipos y materiales que han estado en contacto con sílice y asbesto. Estos espacios son esenciales para prevenir la propagación de contaminantes fuera del área de trabajo y garantizar la seguridad de los trabajadores (Woodson, 2012). En la figura 16 se muestra el diseño de zonas de descontaminación.

Figura 16. Diseño de zonas de descontaminación



Fuente: elaboración propia a partir de WorkSafe (2016).

8. Definición de áreas de descontaminación

Se debe tener en cuenta definir áreas para:

- Control de trabajadores que ingresan con ropa y equipos contaminados. Estas zonas deben estar equipadas con contenedores para ropa y equipos contaminados, así como una ducha inicial para el prelavado de las superficies contaminadas.
- Espacio intermedio donde los trabajadores se duchan para remover contaminantes antes de pasar al área limpia. El área debe estar equipada con duchas con suministro de agua tibia, jabón, estaciones de lavado ocular y sistemas de recolección de agua contaminada. El agua utilizada en la ducha de descontaminación debe ser tratada como residuo peligroso, antes de su disposición final.
- Zona donde los trabajadores se cambian con ropa limpia después de la descontaminación. Ventanillas para ropa limpia (sitio exclusivo para ingreso y entrega de ropa limpia), áreas de descanso y bancos para cambiarse.

Se deben considerar también los siguientes puntos:

- Disponer de suministro y drenaje adecuados para evitar la acumulación de residuos.
- Instalar sistemas de ventilación para filtrar el aire y evitar la propagación de partículas contaminantes.
- Señalizar las áreas de descontaminación, indicaciones sobre el procedimiento de descontaminación y el uso de EPP adecuados como los respiradores N95 o con filtro (ver sección: controles en el trabajador, Realizar inspección y mantenimiento de las instalaciones para asegurar su eficacia.
- Las áreas de descontaminación deben tener un control de acceso estricto para asegurar que solo el personal autorizado pueda ingresar y salir de la zona contaminada.
- Los trabajadores deben recibir entrenamiento adecuado sobre el uso correcto de las zonas de descontaminación y el procedimiento correspondiente.
- Establecer procedimientos de emergencia para manejar cualquier incidente durante el proceso de descontaminación.

Controles administrativos

Complementario a las medidas de ingeniería, se deben realizar controles administrativos que limiten la contaminación.

1. Plan de manejo del asbesto y sílice

Para el caso del asbesto se recomienda desarrollar un plan de manejo específico para este mineral.

Para sílice, la Resolución 2467 de 2022 establece la obligatoriedad de diseñar, implementar y mantener un programa para identificar, prevenir y controlar la exposición a sílice cristalina respirable.

El plan de manejo para cualquier sustancia, incluidas sílice o asbesto deberá permanecer activo mientras haya presencia del agente peligroso en el sitio de trabajo.

Este plan de manejo debe incluir de acuerdo con Zapata y Pardo (2022):

- Identificación de la peligrosidad de los materiales utilizados

De acuerdo con la descripción de los materiales, procesos y maquinaria generadores de exposición a sílice y asbesto (ver sección 'Identificación de la peligrosidad de los materiales utilizados' de esta guía), se definirá el contexto de la elaboración del plan.

- Priorización del riesgo de exposición y la jerarquización de las medidas de control para cada material identificado.

Consiste en clasificar los materiales que contienen asbesto o sílice en función de su potencial de exposición y la gravedad de sus efectos sobre la salud, enfermedades que se relacionan en la tabla 2 por exposición a sílice y en la tabla 3 por exposición al asbesto.

- Decisiones y razones acerca de las medidas adoptadas

Las decisiones sobre las medidas de control adoptadas deben basarse en una combinación de evaluación del riesgo, viabilidad técnica, cumplimiento normativo y eficacia en la reducción de la exposición. Es fundamental justificar cada decisión y comunicarla claramente a los involucrados.

- Cronogramas priorizados para la implementación de las medidas de control

El desarrollo de un calendario priorizado es esencial para organizar y ejecutar las medidas de control necesarias para gestionar los riesgos de exposición a asbesto y sílice de manera efectiva. Este cronograma debe basarse en la priorización de riesgos, de modo que las acciones más urgentes y críticas se implementen primero, asegurando así la protección de los trabajadores.

- Procedimientos para llevar a cabo los trabajos que involucran asbesto y sílice

Los trabajos que involucran materiales peligrosos como el asbesto y la sílice requieren procedimientos específicos y estrictos para garantizar la seguridad de los trabajadores y minimizar los riesgos de exposición a estos compuestos. Estos procedimientos deben enfocarse en la planificación, la implementación de medidas de control, el uso adecuado de equipos de protección personal (EPP) y la supervisión continua de los trabajos (ver sección: ‘Plan de manejo del asbesto y sílice’).

- Equipos de protección personal respiratoria

Para lo cual es indispensable contar con el Programa de Protección Respiratoria, en donde se menciona cómo realizar la gestión adecuada de estos EPP, desde la selección hasta la disposición final de los mismos, como se evidencia en la sección ‘Programa de protección respiratoria’.

- Información y capacitación que se les dará a los trabajadores y a los contratistas con respecto a los peligros para la salud, la prevención y las medidas de control.

Como temas clave e importantes para capacitar y entrenar a los trabajadores sobre la exposición ocupacional a las dos sustancias, como mínimo se deben abordar temas como: identificación del peligro, consecuencias para la salud y signos y síntomas de alerta relacionados con la exposición, controles a implementar, responsabilidades de los empleadores, derechos de los trabajadores expuestos a estas sustancias, exámenes ocupacionales y actividades de vigilancia de la salud.

- Calendarios y procedimientos para monitorear y revisar la condición de cada material, el registro y las medidas de control de mitigación del riesgo derivado de la exposición a asbesto

El monitoreo y revisión periódica son componentes clave en la gestión de riesgos asociados con el asbesto, para asegurar que los materiales se mantengan en condiciones seguras, que las medidas de control sean efectivas y que las acciones de remoción y mitigación se cumplan conforme a los planes establecidos. Esta medida solo aplica para asbesto.

- Procedimientos para responder a los accidentes, incidentes o emergencias con el asbesto

En situaciones donde ocurre un accidente, incidente o emergencia relacionada con la exposición a sílice o asbesto, es fundamental tener un Procedimiento Operativo Normalizado (PON) de respuesta a este tipo de emergencias. Este plan debe incluir procedimientos claros para mitigar la liberación del agente peligroso, proteger a los trabajadores y asegurar que la emergencia se maneje de manera segura y eficiente.

Una vez esté implementado el plan de manejo debe ser revisado anualmente para:

- Valorar si la condición de los materiales ha cambiado.
- Asegurar que los controles todavía son efectivos.

2. Programa de comunicación de riesgos (señalización, educación y entrenamiento de los trabajadores)

Dentro de las estrategias preventivas es clave que los trabajadores estén bien informados sobre los peligros y su forma de controlarlos y sepan cómo realizar sus tareas en forma correcta y segura, operar procesos y usar equipos. También se les debe informar y capacitar en prácticas de trabajo seguro, uso apropiado y mantenimiento de los elementos de protección personal, en particular de la protección respiratoria, higiene personal y consecuencias de exposición.

3. Señalización

La señalización es un aspecto que debe ser considerado. Debe presentar un mensaje claro y de fácil comprensión por parte del trabajador y debe colocarse en las áreas o zonas de trabajo en donde exista exposición a sílice o asbesto, con el fin de advertir, alertar o alejar a los trabajadores que no cuentan con el permiso para estar en estas áreas. Por tanto, en estas señales se deben informar aspectos como:

- Peligros existentes.
- Elementos de protección personal que se requieren para ingresar a dicha área.
- Efectos en la salud que puede generar.
- Restricciones de acceso.
- Permiso de ingreso.

Necesidad de controlar el polvo y la presencia de fibras en el aire.

Ejemplo:

¡ADVERTENCIA!

Zona de trabajo con sílice cristalina.

La exposición puede causar silicosis y cáncer (enfermedades graves) y muerte.

Además, se deben tener en cuenta en la señalización de las zonas de trabajo recomendaciones respecto a:

- No comer, beber o fumar en el lugar de trabajo.
- Lavarse las manos y la cara antes de comer o beber.
- Ducharse y cambiarse de ropa tras terminar la jornada de trabajo.
- No usar aire comprimido para la limpieza de la ropa de trabajo.
- No llevar la ropa contaminada a las casas.

4. Capacitación

En cuanto a capacitación, la empresa debe contar con un programa escrito de capacitación teórico-práctico para los trabajadores sobre el riesgo y consecuencias; este debe incorporar:

- Los objetivos del programa de capacitación
- Campo de aplicación: gerentes, supervisores o jefes intermedios, trabajadores, contratistas o subcontratistas.
- Contenidos mínimos de la capacitación (peligros, efectos en salud, reporte de signos y síntomas, derechos, responsabilidades, etc.).
- Tiempo mínimo de la capacitación.
- Evaluación escrita a los participantes de la capacitación.

- Evaluación del curso por los participantes.
- Cronograma anual de capacitación especificando los temas, fecha, tiempo, a quién va dirigido y responsable de ejecutar la actividad de capacitación.

5. Lavado de ropa de trabajo

Es un aspecto crítico para la prevención de la exposición continua y la protección de la salud de los trabajadores y sus familias.

Según la Resolución 2400 de 1979 en su Artículo 22º:

> *Los establecimientos de trabajo con ocupaciones en las cuales haya exposición excesiva a polvo, suciedad, calor, humedad, humos, vapores, etc., deben tener salones especiales destinados a facilitar el cambio de ropas de los trabajadores, separados por sexos, y se mantendrán en perfectas condiciones de limpieza y protegidos convenientemente contra insectos y roedores. Estas salas o cuartos deben estar constituidos por casilleros individuales (lockers metálicos), para guardar la ropa.* ***Parágrafo 1o****. En aquellos establecimientos de trabajo en que los trabajadores están expuestos a sustancias tóxicas, infecciosas o irritantes se deben suministrar casilleros dobles para evitar que su ropa ordinaria se ponga en contacto con la ropa de trabajo.*

En los literales e, h, i del Occupational Safety and Health Administration (2012) se especifica lo referente a la ropa y equipos de trabajo de protección por exposición a asbesto. Si un empleado está expuesto al asbesto por encima del VLP, o donde existe la posibilidad de irritación ocular, el empleador deberá proporcionarlos sin costo para el empleado y asegurarse de que este use ropa y equipo de trabajo de protección adecuados, como los que se listan a continuación, entre otros:

- Monos o prendas de trabajo similares que cubran todo el cuerpo.
- Guantes, cobertores para la cabeza y cobertores para los pies.
- Protectores faciales, gafas protectoras ventiladas u otro equipo de protección apropiado que cumpla con el estándar de la OHSA - 1910.133.

Para más información sobre el uso y mantenimiento de la indumentaria para el trabajo, ver detalles descritos en la tabla 26.

Tabla 26. Aspectos para considerar en el manejo adecuado de la ropa de trabajo

Método	Elementos	Descripción
1. Separación de la ropa contaminada	Ropa contaminada vs. no contaminada	La ropa de trabajo debe ser separada de la ropa personal y de otras prendas no contaminadas para evitar la transferencia de contaminantes.
	Contenedores de ropa	Utilizar contenedores de cierre hermético para almacenar la ropa contaminada hasta que pueda ser lavada. Debe estar rotulada de acuerdo con el estándar de comunicación de peligros.
2. Métodos de lavado	Lavado en instalaciones especializadas	Idealmente, la ropa de trabajo contaminada debe ser lavada en instalaciones especializadas que cuenten con equipos diseñados para manejar materiales peligrosos.

Método	Elementos	Descripción
	Equipo de lavado	Si se realiza en instalaciones de lavandería, las máquinas deben estar adecuadas para manejar ropa contaminada (incluyendo adecuación para la recolección y manejo del agua residual, la cual debe ser considerada y tratada como un residuo peligroso), preferiblemente con ciclos de lavado que incluyan agua caliente y detergentes para eliminar sílice y fibras de asbesto.
3. Protección durante el lavado	Equipo de Protección Personal (EPP)	Para manejar la ropa de trabajo contaminada, los empleados deben utilizar un equipo de protección personal (EPP) completo (que cree una barrera y evite cualquier contacto con los contaminantes). Este equipo incluye: ropa de protección, protección respiratoria y guantes, de acuerdo con las características descritas en la sección 'Elementos de Protección Personal (EPP) para trabajo seguro con sílice y asbesto'.
	Ventilación	El área de lavado debe estar bien ventilada para evitar la acumulación de polvo o fibras en el aire, para lo cual se recomienda revisar el apartado sobre 'Controles de ingeniería'.
4. Normas y regulaciones	Resolución 2400/79	Asegurarse de seguir las regulaciones locales, nacionales e internacionales relacionadas con el manejo y lavado de ropa contaminada.
	Cumplimiento normativo para el mantenimiento de la ropa de trabajo y articulado de la EPA	Por ejemplo, en Estados Unidos, la OSHA proporciona directrices específicas. Al igual que la Agencia de Protección Ambiental (EPA) que proporciona directrices para el manejo y disposición de materiales que contienen asbesto.
5. Mantenimiento de la ropa de trabajo	Inspección y reparación	La ropa de trabajo debe ser inspeccionada regularmente y reparada o reemplazada si se daña.
	Reemplazo regular	La ropa debe ser reemplazada regularmente para garantizar que permanezca en buenas condiciones y siga protegiendo adecuadamente.
6. Procedimiento para retirar la ropa y los EPP	Para trajes/overoles	Desabroche o baje la cremallera completamente. Comience a enrollarlo desde los hombros hacia abajo y hacia afuera, convirtiendo la prenda de adentro hacia afuera. La parte contaminada quedará contenida en el interior del rollo. Deslice los brazos fuera de las mangas mientras enrolla.
	Para camisas	Desabroche la camisa. Crúcela sobre el pecho y enróllela hacia abajo, siempre tratando de que la superficie exterior (contaminada) quede doblada hacia adentro.

Fuente: *elaboración propia a partir de Occupational Safety and Health Administration (2012).*

6. Descontaminación de los trabajadores

La descontaminación efectiva de los trabajadores expuestos a sílice y asbesto es fundamental para prevenir y proteger la salud de los empleados. Las instalaciones diseñadas para este propósito deben incluir varias características para garantizar una descontaminación adecuada y segura, las cuales se presentan en la tabla 27.

Tabla 27. Infraestructura y procedimientos de control para la exposición a sílice y asbesto

Elemento	Criterios/Información para verificación
Áreas de descontaminación y duchas de emergencia	Existencia de áreas de descontaminación separadas del área sucia.
	Duchas de emergencia operativas con agua limpia y presión adecuada.
	Estaciones de lavado de manos y cara disponibles y cercanas a la zona de trabajo.
	Accesibilidad y cercanía a las áreas con potencial de contaminación o donde se produce la exposición.
	Señalización visible y adecuada.
Vestidores y almacenamiento de ropa	Vestidores diferenciados para ropa limpia y ropa contaminada.
	Casilleros individuales, resistentes y con cierre seguro para almacenamiento de ropa contaminada y EPP de forma segura.
	Disponibilidad de bolsas o contenedores sellables para traslado de ropa contaminada.
	Separación física entre área “limpia” y área “sucia”.
	Protocolo para el manejo y transporte de ropa contaminada.
Sistemas de ventilación y extracción	Sistemas de ventilación con filtros HEPA (High-Efficiency Particulate Air), para la captura de partículas finas de polvo de sílice y fibras de asbesto) en operación y con mantenimiento vigente.
	Evidencia de presión negativa en áreas de trabajo con exposición y reducción de la concentración de contaminantes en el aire.
	Extractores o captación localizada funcionando en zonas de generación de polvo/fibras.
	Registros de mantenimiento: cambios de filtros, recambios de aire por hora (ACH), inspecciones.
	Procedimientos documentados para mantenimiento preventivo y correctivo.

Elemento	Criterios/Información para verificación
Procedimientos de limpieza y mantenimiento	Métodos de limpieza preferiblemente húmedos (evitar barrido en seco).
	Uso de herramientas, mopas o esponjas húmedas y soluciones detergentes.
	Programas regulares de limpieza documentados.
	Prohibición del uso de soplado con aire comprimido.
	Inspecciones periódicas y registro de cambio de filtros o elementos críticos.
Capacitación y señalización	Capacitación específica sobre: uso de duchas, cambio de ropa, áreas limpias/sucias, manejo de ropa contaminada y rutas de descontaminación.
	Entrenamiento sobre funcionamiento básico de sistemas de ventilación y EPP.
	Señalización visible indicando: áreas de descontaminación, duchas, vestidores, rutas de salida segura y zonas restringidas.
	Registro de asistencia y actualización periódica.

Fuente: *elaboración propia a partir de Occupational Safety and Health Administration (2012).*

7. Mantenimiento, orden y limpieza *(housekeeping)*

El mantenimiento, orden y limpieza son fundamentales para gestionar y controlar la exposición a materiales peligrosos como la sílice cristalina y el asbesto, los cuales pueden causar graves problemas de salud. Mientras que el mantenimiento asegura que los equipos y sistemas se conserven en buen estado para evitar la dispersión de estas sustancias, el *housekeeping* se enfoca en las prácticas de limpieza y organización, divergencias que se especifican y describen en la tabla 28 que ayudan a controlar la contaminación y a mantener un entorno de trabajo ordenado y seguro. Juntos contribuyen significativamente a reducir los riesgos laborales y a promover un ambiente saludable.

Tabla 28. Programa de mantenimiento y *housekeeping* para el control de la exposición a sílice y asbesto

Mantenimiento	Housekeeping
1. Inspección y reparación de equipos como los sistemas de ventilación y extracción: • Filtros HEPA: deben ser revisados y reemplazados según las recomendaciones del fabricante y/o cuando se haya identificado la colmatación y saturación de los mismos, para asegurar su eficacia en la captura de partículas finas de sílice y fibras de asbesto. **2. Mantenimiento de los sistemas de ventilación y extracción de aire:** establecer el protocolo de	1. **Limpieza** de superficies y áreas de trabajo: • Métodos de limpieza húmedos: entendidos como el trapeado o la aspiración con equipos dotados con filtros HEPA, para evitar la dispersión de polvo en el aire. Evitar el uso de sopladores de aire que pueden levantar polvo y fibras en el ambiente. • Frecuencia de limpieza: establecer un programa de limpieza regular que incluya el aseo frecuente de áreas de trabajo y equipos para controlar la acumulación de polvo y fibras.

Mantenimiento	Housekeeping
mantenimiento de estos sistemas, determinando el tiempo de revisión periódica, recambios por hora, recursos, cambio de filtros, etc. **3. Mantenimiento de EPP:** • Máscaras y respiradores. • Ropa protectora. **4. Sustitución y reparación de superficies de trabajo:** las superficies de trabajo y las áreas donde se manejan materiales peligrosos deben ser mantenidas en buen estado. Las superficies dañadas pueden liberar partículas de sílice y fibras de asbesto al ambiente.	2. **Gestión de desechos:** • Contenedores de desechos: utilizar contenedores apropiados y etiquetados para la recolección y almacenamiento de residuos contaminados con sílice y asbesto. • Establecer procedimientos de eliminación. • Capacitación y educación sobre los procedimientos de limpieza y mantenimiento, así como en el uso correcto de equipos de protección personal y procedimientos de eliminación de desechos.

Fuente: *elaboración propia a partir de Occupational Safety and Health Administration (2024a; 2024b); ACGIH (s. f.).*

8. Disposición de residuos peligrosos (solo para asbesto)

Según lo establecido por el Decreto 0402 de 2021, el asbesto se encuentra clasificado como residuo peligroso. Por lo tanto las empresas o empleadores generadores de dicho material peligroso debe estar inscritos en el registro nacional de generadores de residuos peligrosos.

Adicionalmente, y de conformidad con el Decreto 4741 de 2005, los generadores de residuos peligrosos, incluido el asbesto, deben:

- Garantizar la gestión y manejo integral de los residuos o desechos peligrosos que generan.
- Elaborar un plan de gestión integral de los residuos o desechos peligrosos de acuerdo con la normatividad legal vigente.
- Identificar las características de peligrosidad de cada uno de los residuos o desechos peligrosos que generen, de acuerdo con lo establecido en la sección sobre 'Identificación de la peligrosidad de los materiales utilizados'.
- Garantizar que el envasado o empacado, embalado y etiquetado de sus residuos o desechos peligrosos se realice conforme a la normativa vigente.
- Dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1609 de 2002 o aquella norma que la modifique o sustituya, cuando remitan residuos o desechos peligrosos para ser transportados. Igualmente, suministrar al transportista de los residuos o desechos peligrosos las respectivas Hojas de Seguridad.
- Registrarse ante la autoridad ambiental competente por una sola vez y mantener actualizada la información de su registro anualmente.
- Capacitar al personal encargado de la gestión y el manejo de los residuos o desechos peligrosos en sus instalaciones.
- Contar con un plan de contingencia actualizado para atender cualquier accidente o eventualidad que se presente y contar con personal preparado para su implementación.
- Conservar las certificaciones de almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento o disposición final que emitan los respectivos receptores, hasta por un tiempo de cinco (5) años.
- Tomar todas las medidas de carácter preventivo o de control previas al cese, cierre, clausura o desmantelamiento de su actividad con el fin de evitar cualquier episodio de contaminación que pueda representar un riesgo a

la salud y al ambiente, relacionado con sus residuos o desechos peligrosos.

- Contratar los servicios de almacenamiento, aprovechamiento, recuperación, tratamiento o disposición final, con instalaciones que cuenten con las licencias, permisos, autorizaciones o demás instrumentos de manejo y control ambiental a que haya lugar, de conformidad con la normativa ambiental vigente.

Según Bolan et al. (2023), en el caso del asbesto, puede ser más seguro:

- Dejar los residuos intactos o estabilizarlos *in situ* encapsulándolos con un sellador (por parte del empleador y/o del dueño de la edificación, equipo o acumulación de material). Esto evitaría la remoción del material y el riesgo asociado a esta actividad, pero generaría a largo plazo un pasivo ambiental para la organización.

- Actualmente, la práctica más extendida y legalmente aceptada en muchos países es el depósito de estos residuos en vertederos de seguridad autorizados. No obstante, han surgido tecnologías avanzadas enfocadas en la destrucción e inertización completa de las fibras peligrosas, en lugar de su mero confinamiento. Mediante procesos térmicos (como plasma o microondas), químicos o de biorremediación, estas tecnologías descomponen la estructura del asbesto. Su principal ventaja es que el producto resultante es inofensivo y puede ser reciclado o dispuesto de forma segura en vertederos convencionales, eliminando el riesgo a perpetuidad.

- La ejecución de cualquier método de contención exige un plan estricto de mantenimiento y gestión continua para asegurar su eficacia a largo plazo.

Sin embargo, para gestionar los residuos de asbesto (es decir, material ya retirado) y sílice, la práctica estándar no es la contención o encapsulación, sino un proceso de empaque, etiquetado y disposición final para lo cual se deben seguir los pasos establecidos en la figura 17.

Figura 17. Gestión de los residuos de asbesto y sílice



Fuente: *Fuente: elaborado con ChatGTP, 2025.*

A continuación, se describen cada uno de estos pasos:

1. **Empaque seguro:** los residuos deben humedecerse para minimizar la liberación de fibras y luego sellarse herméticamente. La normativa internacional, como el ejemplo del Decreto italiano de 1994, exige típicamente el uso de bolsas dobles de polietileno de alta resistencia (ej. 2 mm de espesor).

2. **Etiquetado claro:** cada bolsa o contenedor debe llevar una etiqueta de advertencia que indique claramente la presencia de asbesto y los riesgos asociados, cumpliendo con la normativa local.

3. **Disposición final autorizada:** el material, ya empacado y etiquetado, debe ser transportado y depositado exclusivamente en un vertedero de seguridad controlado y autorizado para recibir este tipo de residuos.

En forma general, en la empresa se pueden considerar los pasos básicos descritos en la tabla 29 para la disposición adecuada de residuos de asbesto y sílice en obras de construcción evaluando cada caso en particular, para prevenir la exposición y los riesgos asociados a estos materiales peligrosos (NIOSH, 2024).

Tabla 29. Pasos para la disposición de residuos de asbesto y sílice en obras de construcción

Fase del proceso	Acciones clave
1. Identificación y clasificación	Identificar y clasificar correctamente todos los materiales que contienen asbesto y sílice en la obra. Es fundamental mantener un inventario claro y actualizado.
2. Manejo seguro	Capacitar a los trabajadores sobre los riesgos y los procedimientos de manejo seguro. Asegurar el uso constante y adecuado de los EPP, como respiradores y ropa protectora.
3. Almacenamiento temporal	Almacenar los materiales y residuos contaminados en áreas designadas, restringidas y debidamente señalizadas para evitar la contaminación cruzada y el acceso de personal no autorizado.
4. Transporte seguro	Transportar los residuos en contenedores sellados, resistentes y etiquetados adecuadamente según la normativa vigente para su posterior eliminación.
5. Eliminación adecuada	Contratar empresas autorizadas y especializadas en la gestión de residuos peligrosos. Se deben seguir estrictamente los procedimientos y regulaciones locales para su disposición final.
6. Registro y documentación	Mantener registros detallados de todo el proceso, incluyendo manifiestos de transporte, certificados de eliminación final y cualquier otra documentación requerida.

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

9. Diseño de procedimiento de trabajo seguro y programas para el abordaje

Las empresas o proyectos con exposición a sílice y asbesto deben diseñar y desarrollar procedimientos de trabajo seguro y programas específicos de operación, por tanto, las empresas deben tener los programas definidos en la tabla 30.

Tabla 30. Programas para el abordaje de la exposición a sílice o asbesto

Programa	Objetivo principal
Programa de higiene ocupacional	Identificar el peligro y medir el riesgo: servir como base para todo el sistema, estableciendo dónde, cuándo y cuánta exposición existe. Para ello, se puede emplear alguna de las metodologías cualitativas y cuantitativas para evaluar la exposición a estas sustancias, establecidas en el apartado: 'Métodos de evaluación de la exposición a sílice y asbesto'.
Programa de vigilancia epidemiológica	Monitorear la salud de los trabajadores expuestos y verificar ela eficacia de los controles: detectar efectos tempranos en la salud de los trabajadores para actuar preventivamente y evaluar si los controles de higiene son efectivos.
Programa de Protección Respiratoria (PPR)	Asegurar la última barrera de defensa: garantizar que los respiradores sean seleccionados, usados y mantenidos correctamente para que ofrezcan una protección real y efectiva.
Programa de control de agentes carcinógenos	Elevar la rigurosidad del control: aplicar medidas de control más estrictas debido a que la sílice y el asbesto son carcinógenos comprobados (Grupo 1 - IARC).
Programa de cesación tabáquica	Mitigar la multiplicación del riesgo de cáncer de pulmón que resulta de la combinación de fumar y estar expuesto a sustancias cancerígenas como la sílice y el asbesto.

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

10. Cotización y pago de aportes de pensión especial de vejez por ejecución de trabajos de alto riesgo

La pensión especial de vejez para actividades de alto riesgo se encuentra actualmente regulada en el Decreto 2090 de 2003, como se mencionó en la tabla 4. Este requisito legal aplica para aquellos trabajadores expuestos a la sílice y el asbesto, sustancias que son considerados agentes de riesgo ocupacional en Colombia y comprobadamente cancerígenas según la IARC.

Bajo este requisito legal, los trabajadores expuestos a estas sustancias están cubiertos por el SGRL, pero, además, pueden acceder a una pensión especial de vejez bajo las condiciones que se presentan a continuación:

- Contar con afiliación activa al Sistema General de Pensiones.
- Haber cotizado el número mínimo de semanas, es decir, 700 semanas con la cotización especial del 10 % adicional, la cual es específica para actividades de alto riesgo.
- Haber trabajado en actividades de alto riesgo, como lo es el trabajo que implique la exposición a sustancias comprobadamente cancerígenas.
- Haber alcanzado la edad mínima requerida, que es de 55 años tanto para hombres como para mujeres (esta edad puede aumentar gradualmente según la normativa).

Los documentos que deben presentarse para el trámite son:

- Documento de identidad.
- Formulario de solicitud de pensión.
- Certificaciones laborales de alto riesgo. Certificación laboral que especifique: cargo desempeñado, funciones detalladas, fechas exactas de inicio y fin del contrato, factor de

riesgo al que se estuvo expuesto (ej. "exposición a sílice cristalina").

- Confirmación de que la empresa realizó la cotización especial del 10 % adicional durante ese periodo.
- Historia laboral detallada: se solicita al fondo de pensiones la historia laboral completa para verificar que los periodos y aportes especiales estén correctamente registrados.
- Pruebas adicionales: contratos de trabajo, comprobantes de pago, o cualquier otro documento que soporte de la actividad de alto riesgo.

11. Organización del trabajo (turnos, rotación y realización de tareas)

En la tabla 31 se presentan algunas consideraciones para la organización del trabajo, incluyendo la gestión de turnos y la rotación de actividades:

Tabla 31. Consideraciones para la organización de turnos, rotación y realización de tareas

Turnos de trabajo	
Duración de turnos	Disminuir la duración de los turnos para reducir el tiempo de exposición a materiales peligrosos.
Minimizar el tiempo de realización de tareas con exposición	Concentrar el trabajo en períodos más cortos. Por ejemplo, cortar el concreto en cuadros o secciones de mayor tamaño disminuye significativamente la exposición a la sílice cristalina respirable. Este enfoque reduce la exposición principalmente al minimizar la duración total del proceso de corte y la frecuencia de generación de polvo a lo largo de la jornada. Al realizar menos cortes, se disminuye la superficie total de concreto que se está perturbando y pulverizando, lo cual reduce el volumen total de polvo de sílice generado en el ambiente de trabajo.
Pausas frecuentes	Implementar pausas regulares para permitir la recuperación y reducir la exposición continua.
Horas de mayor seguridad	Programar tareas con exposición a sílice y asbesto en momentos del día con condiciones ambientales más seguras (por ejemplo, menos viento).
Alternancia de tareas	Alternar tareas de alto riesgo con aquellas de bajo riesgo para minimizar la exposición prolongada.
Rotación de actividades	
Duración de turnos	Implementar un sistema de rotación regular entre tareas que impliquen exposición a sílice y asbesto y tareas sin exposición.
Capacitación cruzada	Asegurar que los trabajadores estén capacitados en múltiples tareas para facilitar la rotación y evitar la monotonía.
Evaluaciones periódicas	Realizar evaluaciones periódicas de la exposición individual para ajustar la rotación de actividades según los niveles de riesgo. Dichas evaluaciones también deben tener en cuenta las condiciones de salud especiales de los trabajadores, como tuberculosis, rinitis, asma, EPOC, insuficiencia cardíaca congestiva o estado de gestación. En estos casos, se deberá realizar un monitoreo más exhaustivo y considerar la posibilidad de un cambio de puesto de trabajo o de funciones para salvaguardar su bienestar.

Fuente: *elaboración propia a partir de OSHA (2024a) y NIOSH (2002).*

12. Documentación y seguimiento de la historia de exposición ocupacional

En Colombia, la Ley 1562 de 2012 establece la obligación de realizar evaluaciones médicas periódicas para los trabajadores expuestos a riesgos laborales como sílice y asbesto, en el marco del Sistema General de Riesgos Laborales. La Resolución 2400 de 1979 detalla los requisitos para la vigilancia de la salud laboral, incluyendo la documentación de exposición a agentes nocivos. Además, la Resolución 0312 de 2019 define las normas mínimas para el SG-SST, enfocándose en el seguimiento de la salud laboral y el registro de la historia de exposición a riesgos.

La tabla 32 presenta aspectos clave sobre la documentación y seguimiento de la exposición ocupacional a sílice y asbesto en el sector de la construcción, que podría emplearse en las organizaciones:

Tabla 32. Aspectos clave en cuanto a documentación y seguimiento de la exposición ocupacional

Registro de exposición	
Evaluaciones iniciales	Realizar una evaluación inicial detallada para establecer una línea base de exposición y estado de salud.
Registros continuos	Mantener registros continuos de los niveles de exposición mediante monitoreo ambiental y personal. Documentar diariamente las tareas realizadas, horas trabajadas y medidas de protección implementadas.
Evaluaciones médicas periódicas	Realizar exámenes médicos periódicos para detectar efectos adversos relacionados con la exposición.
Actualización de registros médicos	Mantener y actualizar el historial de salud laboral, incluyendo resultados de exámenes médicos y enfermedades relacionadas.
Informes de exposición	Elaborar y socializar informes periódicos sobre niveles de exposición y medidas de mitigación.
Comunicación de riesgos	Asegurar que los trabajadores reciban información y capacitación continua sobre riesgos y medidas de protección.
Evaluaciones de riesgo	Realizar evaluaciones periódicas para identificar nuevas fuentes de exposición y evaluar la eficacia de las medidas de control.
Actualización de procedimientos	Revisar y actualizar procedimientos de trabajo y medidas de seguridad basándose en registros de exposición y evaluaciones de riesgo.

Fuente: *elaboración propia a partir de OSHA (2024a) y NIOSH (2002).*

- **Matrices de exposición laboral**

Son herramientas útiles para gestionar y controlar los riesgos asociados con la exposición a sílice y asbesto en el sector de la construcción. Estas matrices ayudan a identificar la exposición, así como a evaluar y controlar los riesgos derivados de ella, asegurando que se implementen medidas adecuadas para proteger la salud de los trabajadores.

Las mediciones directas de productos químicos en el aire se utilizan normalmente para crear matrices de exposición laboral por exposición a sustancias peligrosas; a menudo, son complementadas con evaluaciones de expertos sobre

exposiciones en diferentes grupos de trabajadores en distintos momentos con mediciones higiénicas. Para la construcción de la matriz, se puede considerar aspectos como:

- Clasificación de actividades
- Fuentes de exposición
- Monitoreo ambiental
- Monitoreo personal
- Evaluación de riesgos
- Medidas de control
- Planes de acción
- Registro de datos de los monitoreos ambientales e individuales
- Revisión periódica de las matrices de identificación de peligros y valoración de riesgos
- Formación de trabajadores
- Comunicación de riesgos

Para ilustrar cómo organizar una matriz de exposición laboral, en la tabla 33 se presenta un ejemplo de las variables importantes a establecer y documentar en la matriz con algunas actividades típicas del sector construcción que implican exposición a riesgos específicos:

Tabla 33. Ejemplo de organización de una matriz de exposición laboral

Actividad	Fuente de exposición	Método de monitoreo	Medidas de control	Registros y revisión
Corte de concreto con sierra	Polvo de sílice	Medición de partículas en el aire	Uso de aspiradoras industriales y ventilación local	Registro de niveles de exposición en la matriz
Remoción de materiales de asbesto	Fibra de asbesto	Muestreo personal y ambiental	EPP y técnicas de trabajo húmedo	Documentación de datos de muestreo y condiciones de trabajo

Fuente: *elaboración propia a partir de OSHA (2024a) y NIOSH (2002).*

La calidad de la estimación de la exposición depende de la disponibilidad y precisión de los datos, la metodología utilizada para recopilar y analizar la información, así como la relevancia de los datos para la población o el entorno de trabajo específico que se estudia (Wahrendorf et al., 2023).

Por tanto, es importante que las matrices de exposición ocupacional se creen y retroalimenten a partir de diferentes fuentes de información, entre las cuales se encuentran:

- **Registros de mediciones directas:** incluyen mediciones específicas de la exposición a agentes químicos, físicos o biológicos en el lugar de trabajo.
- **Cuestionarios de exposición:** se utilizan para recopilar información autoinformada por los trabajadores sobre las condiciones de exposición en sus empleos.
- **Historias laborales:** incluyen registros de empleo que documentan los trabajos realizados por un trabajador a lo largo del tiempo.
- **Matrices de exposición laboral:** estas matrices relacionan ocupaciones o tareas específicas con exposiciones conocidas basadas en estudios previos y datos recopilados de diversas fuentes.
- **Evaluaciones de expertos:** los expertos

pueden realizar estimaciones de exposición basadas en su conocimiento de la industria, los procesos laborales y los datos históricos.

- **Bases de datos nacionales o internacionales:** algunas evaluaciones de exposición se basan en bases de datos que agrupan información sobre exposiciones ocupacionales en diferentes industrias y países.

- **Sistemas de información para el registro de la exposición**

El uso de sistemas de información para el registro de la exposición a sílice y asbesto permite recopilar, almacenar y analizar datos sobre la exposición, facilitando la toma de decisiones y el cumplimiento normativo. Este sistema permite aspectos como:

- Recopilación de datos:
  - » De exposición: registrar los niveles de exposición a sílice y asbesto resultantes de las mediciones higiénicas ambientales y personales y comparar los resultados con los TLVs referidos en la tabla 13, para la toma de decisiones en cuanto a controles a implementar, eliminar o modificar.
  - » Datos médicos: integrar los resultados de exámenes médicos periódicos y diagnósticos relacionados con la exposición y el historial de salud de los trabajadores.
- Almacenamiento y seguridad de datos
  - » Protección de datos.
  - » Respaldo de información.
- Accesibilidad y gestión de datos.
  - » Acceso autorizado: garantizar que solo el personal autorizado tenga acceso a los datos y que se mantenga un registro de quién accede a la información.
  - » Actualización continua: asegurar que la información se actualice de manera regular para reflejar los cambios en los niveles de exposición, procedimientos de trabajo y resultados médicos.
- Análisis y reporte de datos
  - » Generación de informes sobre los niveles de exposición, el estado de salud de los trabajadores y la eficacia de las medidas de control.
  - » Toma de decisiones para la implementación de medidas adicionales de protección y la mejora de los procedimientos de trabajo.
- Cumplimiento normativo
  - » Normas regulatorias: como el Decreto 1072 de 2015, la Resolución 0312 de 2019 y la Resolución 1843 de 2025, entre otras.
  - » Auditorías y revisiones: realizar auditorías periódicas para verificar el cumplimiento de las normativas y la eficacia del sistema de información.

- **Carga de exposición acumulada**

Se refiere al total de exposición a sílice y asbesto que un trabajador ha acumulado a lo largo del tiempo.

La evaluación de la magnitud de la exposición a sílice y asbesto en el lugar de trabajo es determinante para la salud de los trabajadores y la interpretación de los resultados de esta evaluación debe basarse en las concentraciones medidas, comparándolas con los límites de exposición establecidos.

- **Carga de exposición acumulada para sílice**

Para el caso de exposición a sílice en la industria de la construcción, se debe tener en cuenta que por ser agentes carcinógenos no hay umbrales de exposición seguros y el resultado de la evaluación determina los

controles así como la cotización especial de pensión de vejez por trabajos de alto riesgo. Por tanto, la exposición a estas sustancias debe evaluarse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **Medición de la exposición a partir de tres factores:**
  - **Muestreo personal:** se utiliza para medir la concentración de sílice o asbesto en la zona de respiración de los trabajadores durante su jornada laboral.
  - **Muestreo ambiental:** mide la concentración de estas sustancias en diferentes áreas del lugar de trabajo, no necesariamente en la zona de respiración de los trabajadores.
  - **Análisis de laboratorio:** las muestras recolectadas se analizan en laboratorios especializados para determinar la concentración de partículas de sílice cristalina respirable o fibras de asbesto.
- **Definición de los límites de exposición basados en:**
  - **Límites de Exposición Permisible (LEP):** establecidos por organismos como la OSHA, en Estados Unidos, o equivalentes en otros países. Por ejemplo, el LEP para la sílice cristalina respirable es de 50 microgramos por metro cúbico de aire ($\mu g/m^3$) en un promedio ponderado en el tiempo de 8 horas.
  - **Valores Límite de Exposición (VLE):** determinados por organismos como la ACGIH, estos son valores recomendados y a menudo más estrictos que los LEP.
- **Interpretación de resultados con base en:**
  - **Comparación con LEP o VLE:** si las concentraciones medidas de sílice o asbesto superan los LEP o VLE, existe un riesgo significativo para la salud de los trabajadores y es necesario tomar medidas correctivas inmediatas.
  - **Evaluación de la exposición acumulativa:** incluso si las concentraciones no superan los límites, la exposición prolongada a niveles bajos puede ser peligrosa, especialmente para sustancias como el asbesto, que no tiene un nivel seguro de exposición.
  - **Análisis de tendencias:** se deben revisar las mediciones históricas para identificar patrones o aumentos en las concentraciones, lo que podría indicar un deterioro en las condiciones de control o nuevas fuentes de exposición.
- **Carga de exposición acumulada para asbesto**

  Para el caso de la carga de exposición acumulada a asbesto, se puede utilizar una matriz de exposición laboral (JEM, Job Exposure Matrix) la cual es una herramienta epidemiológica que relaciona ocupaciones específicas con niveles estimados de exposición a agentes peligrosos, proporcionando intensidades anuales de exposición, basadas en la concentración de fibras de asbesto en fibras por mililitro (f/ml); esta es una variable compuesta que integra tanto la duración de la exposición (años trabajados en ambientes con asbesto) como los niveles de concentración de polvo de asbesto en el lugar de trabajo (Štěpánek et al., 2025).

  Para cada trabajador, la exposición acumulada (en f/ml-años) se calcula sumando estas intensidades anuales de exposición durante todo el período en que estuvo empleado en ocupaciones con exposición al asbesto. Su construcción es un proceso detallado y sistemático que suele incluir los siguientes pasos (Iversen et al., 2024), (Luberto et al., 2019), (Štěpánek et al., 2025):

  - Definición de las categorías ocupacionales.
  - Recopilación de datos de exposición.
  - Calibración y estimación de niveles de exposición.

- Incorporación de variabilidad temporal y geográfica.
- La duración de la exposición se calcula sumando todos los períodos laborales desde la fecha de primer empleo hasta el momento de observación más reciente.
- Asignación individual de exposición.
- Evaluación y validación para confirmar que la matriz reproduce asociaciones conocidas entre exposición y enfermedades, y para examinar posibles errores o sesgos.

Recuerde que...

El responsable del SG-SST es quien debe establecer todos los controles descritos en este apartado y es quien debe articularse con el higienista ocupacional y el médico laboral para realizar el seguimiento de los controles de ingeniería, administrativos y en el trabajador.

Controles en el trabajador

La implementación de controles dirigidos al trabajador busca garantizar la protección individual del mismo, así como el cumplimiento de las disposiciones legales en SST, a fin de fortalecer la cultura de prevención.

Sin embargo, es indispensable que el empleador implemente todos los controles anteriormente establecidos con el fin de eliminar y/o sustituir la presencia de exposición en los entornos de trabajo; ya que la implementación de las medidas de control a nivel individual son para disminuir y/o controlar el riesgo residual derivado de la presencia de estas sustancias en el ambiente laboral, por lo cual el uso de los EPP es de obligatorio cumplimiento en todas las organizaciones del sector.

1. Elementos de Protección Personal (EPP) para trabajo seguro con sílice y asbesto

El sector de la construcción se caracteriza por multiplicidad de actividades en donde el trabajador puede estar expuesto a diferentes peligros, por tanto, es indispensable que se encuentre debidamente protegido con todo el EPP completo que garantice la protección del trabajador de la aparición de los efectos en salud derivados de la exposición a estas sustancias.

Figura 18. EPP trabajo seguro con sílice y asbesto



Fuente: elaboración con ChatGTP, 2025.

A continuación, se relacionan algunos de los EPP recomendados para el personal de este sector para mitigar el riesgo de exposición a estas sustancias cancerígenas, principalemente principalmente el uso de respiradores, overol, guantes, monogafas, casco.

• Protección respiratoria

Como bien se ha mencionado, los principales efectos en la salud de la exposición a estas sustancias químicas como lo son el asbesto y la sílice son de carácter respiratorio, motivo por el cual el EPP respiratorio es el principal a utilizar para mitigar el riesgo.

El EPP se debe elegir de acuerdo con el factor de protección asignado (APF, por sus si-

glas en inglés) y debe ser mayor al factor de exposición. Los factores de protección asignados según la OSHA 29 CFR 1910.134 son los establecidos en la tabla 34.

Tabla 34. Factores de protección asignados por tipo de respiradores

Tipo de respirador	Respirador purificador de aire	Respiradores purificadores de aire motorizado	Respiradores con suministro de aire (línea de aire)	Equipo de respiración autónoma (ERA)
Media máscara	10*	50	50	N/A
Media máscara	50***	1000	1000	10.000
Máscara de ajuste holgado	N/A	25	25	N/A
Casco o capucha (escafandra)	N/A	1000**	1000**	10.000

* Máscara de filtrado: desechable y reutilizable.

** Los fabricantes de respiradores deben proporcionar datos que demuestren un desempeño de 1000 o más, de otro modo un APF de 25.

*** Con prueba de ajuste cuantitativa, de lo contrario, APF de 10.

Fuente: *elaboración propia a partir de OSHA, 2014.*

Específicamente, para el caso de exposición a sílice, NIOSH menciona que se recomienda utilizar respiradores de partículas de media cara con filtros N95 o superiores para exposiciones aéreas a sílice cristalina en concentraciones menores o iguales a 0,5 mg/m³. Sin embargo, es importante tener en cuenta el factor de protección que se brinde por cada tipo de respirador y la concentración del contaminante en el ambiente.

De igual forma, es importante que a los trabajadores se les realicen pruebas de ajuste del respirador, independiente del que haya sido seleccionado como se menciona en la sección `Programa de protección respiratoria´.

A continuación, se presentan las características de los diferentes respiradores que pueden ser utilizados para la protección contra la sílice cristalina y el asbesto:

- ***Medias máscaras filtrantes o mascarillas auto filtrantes (FFP1, FFP2, FFP3)***

  Este tipo de respiradores cubren boca, nariz y barbilla como se evidencia en la figura 19 y constan totalmente de material filtrante, el cual retiene las partículas.

Figura 19. Mascarillas filtrantes



Fuente: *elaboración con ChatGTP, 2025.*

- ***Mascaras completas o medias máscaras con filtros intercambiables (P1, P2, P3):***

  Una media máscara cubre nariz, boca y barbilla como se visualiza en la figura 2020, que se complementa con los demás elementos de protección personal propios de la actividad; por su parte, la máscara completa cubre ojos, nariz, boca y barbilla. Ambos tipos de máscaras llevan filtros a través de los cuales pasa el aire al interior debido al esfuerzo respiratorio (no asistido) que realiza el trabajador. De estos, el más recomendado es el P100 y para asbesto, se recomienda que incluya filtro HEPA.

Figura 20. Mascara media cara



Fuente: *elaboración con ChatGTP, 2025.*

- ***Equipos motorizados asistidos:***

  Estos equipos constan generalmente de uno o varios filtros por los que pasa todo el aire suministrado a la pieza facial y de un motor-ventilador que aspira el aire a través de los filtros y lo dirige a la pieza facial como se evidencia en la figura 21. Habitualmente, el ventilador lo trasporta la persona en el cinturón. La presión positiva generada por el caudal del aire dentro del dispositivo permite que su eficiencia no se vea tan condicionada por el ajuste con la cara del trabajador que lo porta.

Figura 21. Equipo motorizado asistido



Fuente: *elaboración con ChatGTP, 2025.*

- ***Overol o traje tipo Tyvek***

  Se deben usar overoles desechables para evitar la contaminación de la ropa y que en lo posible sea de material impermeable y proteja contra incendios. Es importante que la capucha y puños del overol sean ajustados a muñecas y tobillos. No se debe guardar la ropa, reutilizar o sacudirse. Al terminar el trabajo, se debe rociar agua a la ropa y posteriormente quitársela; para ello, es importante mantener el respirador puesto al hacerlo, pasos que se encuentran establecidos en la tabla 26.

  El traje que se vaya a eliminar debe ser guardado en bolsas y estas, a su vez, selladas para su eliminación como residuo peligroso, tal y como se mencionó en la sección: `Disposición de residuos peligrosos (solo para asbesto).

  Para garantizar mayor eficacia y barrera de protección contra la exposición a estas dos sustancias, el traje debe ser de polietileno, fibras que están entrelazadas bajo alta presión y temperatura, formando un tejido con resistencia a la rotura y la perforación.

Figura 22. Traje tipo Tyvek



Fuente: *elaboración con ChatGTP, 2025.*

- **Guantes**

  Se recomienda que los guantes sean de material de carnaza o cuero, ya que su principal función es ofrecer una alta resistencia a la abrasión, cortes y pinchazos al manipular materiales de construcción que puedan contener sílice o asbesto. Este tipo de guante protege la piel de lesiones y del contacto directo que podría causar irritación.

2. Programa de protección respiratoria

El programa de protección respiratoria se elabora para proteger la salud de los trabajadores y cumplir con las normas legales que regulan la seguridad y salud en el trabajo. De acuerdo con los detalles del programa estándar de protección respiratoria OSHA 29CFR1910.13419, los elementos claves de un programa de protección respiratoria son los descritos en la tabla 35:

Tabla 35. Elementos clave de un programa de protección respiratoria

1. Administración
• Definir el responsable: persona cualificada para administrar el programa de protección respiratoria. Esta persona es responsable de desarrollar, implementar y supervisar el programa. • Definir políticas y procedimientos: para garantizar que se sigan todas las normas de protección respiratoria como, por ejemplo, la eliminación del vello facial para el adecuado ajuste del respirador a la cara, prohibición del consumo de alimentos en áreas contaminadas y cigarrillos durante la jornada laboral, uso adecuado del respirador, así como mantenimiento, limpieza y reemplazo de este. Dichos aspectos se aspectos que se encuentran descritos en esta tabla en el numeral 5 y 6. • Documentar y registrar: es fundamental llevar registros de todas las evaluaciones, pruebas de ajuste, entrenamientos, evaluaciones médicas y mantenimientos realizados. La documentación debe estar disponible para revisión por parte de la autoridad competente.
2. Identificación del peligro y evaluación de riesgos
• Identificación de peligros: se debe realizar una evaluación exhaustiva del lugar de trabajo para identificar los contaminantes presentes en el aire. • Realizar medición de concentraciones: se deben tomar muestras del aire para medir las concentraciones de los contaminantes identificados, de acuerdo con los métodos y parámetros establecidos en las tablas 13 y 14.

- Comparar con los límites permisibles: los niveles de exposición medidos se deben comparar con los Límites de Exposición Permisible (LEP) establecidos por la OSHA u otras normas aplicables. Si los niveles exceden estos límites, se deben tomar medidas correctivas.

3. Control de riesgos

- Implementar medidas de control de acuerdo con la jerarquía: controles de ingeniería, controles administrativos, controles en el trabajador.

4. Selección de respiradores

- Evaluación de necesidades: seleccionar el respirador adecuado en función de la naturaleza del contaminante, su concentración y las condiciones ambientales. Para ello, se sugiere la aplicación de la metodología propuesta por NIOSH en la `Guía para la selección de respiradores´.

- Aprobaciones normativas: asegurarse de que los respiradores seleccionados cumplan con las normas y certificaciones pertinentes, como NIOSH 42 CFR, Parte 84.

5. Entrenamiento y pruebas de ajuste

- Capacitación: todos los trabajadores que deban usar respiradores deben recibir capacitación adecuada en la que se deben incluir, como mínimo, los siguientes aspectos:
  - Naturaleza de las sustancias a las que se está expuesto y los respectivos efectos en la salud.
  - Controles de ingeniería que se han aplicado y por qué es necesario usar protección respiratoria.
  - Criterios empleados para la selección del equipo de protección respiratoria, su función, capacidad, ventajas y desventajas.
  - Cómo colocarse la protección respiratoria y explicación de lo que ocurriría si ésta no fuera usada correctamente.
  - Chequeo rutinario de presión negativa y presión positiva (cuando aplica).
  - Procedimientos de limpieza, inspección, almacenamiento, cambio y disposición final del EPP.
  - Aspectos que condicionarían negativamente el adecuado ajuste del EPP respiratorio como: presencia del vello facial, presencia de cicatrices o malformaciones en la cara.
- Pruebas de ajuste *(fit testing)*: se debe realizar una prueba de ajuste cualitativa o cuantitativa para asegurarse de que el respirador se ajusta correctamente a la cara del usuario. Esto debe hacerse antes de que el trabajador use el respirador por primera vez y luego, anualmente,, o siempre que haya un cambio en el tipo de respirador o una alteración física en el trabajador que pudiera afectar el ajuste como aparición de cicatrices o malformaciones.

5. Entrenamiento y pruebas de ajuste

Las pruebas de ajuste (QLFT o QNFT) deben ser conducidas por una persona competente que siga los protocolos aceptados por OSHA. Esta función puede ser desempeñada por personal interno capacitado, consultores externos o el proveedor del equipo.

OSHA considera cuatro (4) protocolos de evaluación cualitativa del ajuste de los respiradores:

- Protocolo del acetato de isoamilo.
- Protocolo del aerosol con solución de sacarina.
- Protocolo del aerosol con solución de Bitrex (benzoato de denatonio).
- Protocolo del humo irritante (cloruro de estaño).

6. Cuidados del respirador

- Mantenimiento regular: los respiradores deben ser inspeccionados antes de cada uso para detectar posibles defectos.
- Limpieza y desinfección regular: para el mantenimiento y limpieza del respirador deben seguirse las instrucciones establecidas por el fabricante. Sin embargo, se recomienda que se sigan los siguientes pasos, siempre y cuando el EPP respiratorio no sea desechable:
  - Verificar estado del respirador.
  - Retirar los cartuchos, filtros o recipientes, desmontando cada una de las piezas del respirador.
  - Lavar los componentes en agua tibia con un detergente suave o limpiador recomendado por el fabricante. Se puede utilizar un cepillo de cerdas suaves y sin alambre para remover la suciedad.
  - Enjuagar los componentes con agua tibia.

NOTA: si el fabricante no incluye el agente desinfectante específico para el respirador, se recomienda colocar los componentes del respirador sumergidos en agua tibia durante dos minutos en solución de hipoclorito.

- Almacenamiento: los respiradores deben almacenarse en un lugar limpio, seco y protegido de contaminantes y daños.
- Reemplazo de piezas: las piezas desgastadas o dañadas del respirador deben reemplazarse inmediatamente para asegurar que el equipo funcione correctamente. Este reemplazo debe realizarse una vez la persona trabajadora advierta de algún incremento de la resistencia respiratoria cuando esté realizando sus actividades laborales, siendo este aspecto un indicador importante de la saturación del filtro del respirador.

7. Evaluación médica

- Examen médico previo: antes de usar un respirador,los trabajadores deben ser sometidos a una evaluación médica para verificar que estén físicamente aptos para usar el equipo de protección respiratoria.. Esta evaluación es generalmente realizada por un profesional médico cualificado con licencia en seguridad y salud en el trabajo vigente, utilizando un cuestionario médico u otros métodos apropiados.
- Seguimiento: dependiendo de los resultados de la evaluación inicial, es posible que se necesiten exámenes médicos adicionales o evaluaciones periódicas para monitorear que las condiciones de salud del trabajador sean las adecuadas para usar un respirador. Es importante mencionar que estos exámenes son complementarios a los exámenes periódicos que se realicen y estén definidos en el perfil del cargo acorde con la exposición (ya que la radiografía de tórax y espirometría deben ser considerados en estos exámenes periódicos), de acuerdo con lo previsto en la Resolución 1843 de 2025.

  Las evaluaciones médicas adicionales, podrán realizarse si:

  - El médico lo recomienda
  - El responsable del programa de protección respiratoria lo recomienda.
  - El trabajador muestra signos de dificultad para respirar
  - Se presentan cambios en las condiciones de trabajo que aumentan el estrés físico como incremento de temperatura o mayor esfuerzo físico.

Fuente: *elaboración propia a partir de: OSHA (2016b); NIOSH (2002).*

3. Controles al estado de salud (vigilancia de las condiciones de salud de los trabajadores expuestos a sílice o asbesto)

La vigilancia epidemiológica de la salud es un control obligatorio para el personal con exposición laboral a sílice o asbesto, dada la naturaleza crónica, irreversible y de larga latencia de las patologías asociadas.

• Definición de requerimientos de salud para el trabajo

En Colombia, la normativa legal establece requisitos específicos para la protección de la salud de los trabajadores, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 1843 de 2025, Circular 15 de 2022, Resolución 2467 de 2022, Ley 1968 de 2019 y demás normas aplicables vigentes.

Antes de iniciar el trabajo, los empleados deben someterse a un examen médico previo realizado por un profesional médico cualificado, a menudo a través de un cuestionario, para asegurar que están físicamente aptos para tolerar el esfuerzo del respirador. Adicionalmente, se deben considerar exámenes periódicos definidos en el perfil del cargo, los cuales deben incluir radiografía de tórax y espirometría, de acuerdo con la exposición.

El seguimiento a las condiciones de salud del trabajador es crucial, pues se pueden requerir evaluaciones médicas adicionales si el médico o el responsable del programa lo recomiendan, si el trabajador muestra dificultad respiratoria, o si hay cambios en las condiciones laborales que aumenten el estrés físico, como el incremento de temperatura o un mayor esfuerzo físico.

• Cuestionario de síntomas respiratorios

El cuestionario de síntomas respiratorios tiene como objetivo identificar signos y síntomas tempranos de enfermedades relacionadas con la ex-

posición a sílice y asbesto, así como evaluar su evolución en relación con la exposición ocupacional y revisar la efectividad de las medidas de control implementadas en la organización. Además, proporciona datos importantes para tomar decisiones informadas sobre intervenciones médicas y posibles ajustes en el entorno de trabajo.

Aunque la vigilancia de la salud respiratoria no está unificada entre los diferentes tipos de enfermedades respiratorias, se emplean diversos métodos y frecuencias de vigilancia en los distintos sectores laborales, combinando cuestionarios respiratorios como herramientas que permiten identificar tempranamente la aparición de signos y síntomas sugestivos, así como la evolución y/o gravedad de la enfermedad. Estos instrumentos deben ir acompañados de pruebas de función pulmonar, radiografías y otras evaluaciones, incluyendo marcadores inmunológicos y de inflamación de las vías respiratorias.

Por tanto, se podría trabajar más en la elaboración de un conjunto básico de preguntas, con componentes adicionales según la naturaleza y el alcance de los peligros respiratorios y sus riesgos, además de material educativo para mejorar el éxito general del programa de vigilancia (Lewis et al., 2013). Algunos de los cuestionarios reconocidos para identificar estos signos y síntomas se encuentran en la tabla 36.

Tabla 36. Cuestionario de síntomas respiratorios

Cuestionario	Descripción/propósito
Estándar 1910.134 Apéndice C - Cuestionario de evaluación médica del respirador de OSHA	Evaluar la aptitud médica, identificar condiciones de salud y garantizar la eficiencia del respirador.
BMRCQ, CDPH/ATS, de la Unión Internacional Contra la Tuberculosis y las Enfermedades Respiratorias (IUATLD) o del NHANESII	Permite monitorear la progresión de síntomas respiratorios y la eficacia de intervenciones preventivas en la población evaluada.
NIH - Cuestionario respiratorio de la American Thoracic Society F058_ Pulmonary_ ATS-DLD-78-A_Form (Baseline)	Permite identificar la prevalencia de síntomas respiratorios y su posible asociación con enfermedades respiratorias como el asma, la bronquitis crónica y la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Además, es una herramienta útil para monitorear la evolución de los síntomas en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas y para evaluar la eficacia de intervenciones terapéuticas.

Fuente: *elaboración propia a partir de Jamali et al., (2017); Lewis et al., (2013).*

Para realizar el cuestionario es conveniente establecer criterios o dimensiones que proporcionen información referente a:

- ***Signos y síntomas respiratorios generales:***
  - Tos frecuente.
  - Gripas constantes.
  - Picazón en la nariz.
  - Sensación de ahogo o fatiga.
- ***Signos y síntomas respiratorios que aparecen posterior a la instauración de la enfermedad:***
  - Tos (frecuencia, duración, tipo de tos).
  - Expectoración (mucosa, purulenta, cantidad).
  - Dificultad para respirar (disnea), tanto en reposo como con esfuerzo.
  - Sibilancias (silbidos al respirar).
  - Dolor u opresión en el pecho.

- Fatiga.

o *Historia médica personal:*

- Diagnósticos previos de enfermedades respiratorias.
- Historia de infecciones respiratorias recurrentes.
- Uso de medicamentos para problemas respiratorios.
- Tratamientos previos relacionados con problemas respiratorios.

o *Historia ocupacional:*

- Duración y tipo de exposición a sílice y asbesto.
- Otros tipos de exposiciones laborales que podrían afectar la salud respiratoria .
- Historia de uso de equipos de protección personal (EPP) y su efectividad.
- Síntomas específicos relacionados con exposición como: tos, expectoración, dificultad para respirar, sibilancias dolor en el pecho, entre otros.

o *Factores de riesgo adicionales:*

- Historia de tabaquismo o uso de productos de tabaco.
- Exposición a otros contaminantes del aire o sustancias tóxicas fuera del trabajo.
- Condiciones ambientales en el lugar de trabajo (ventilación, control de polvo).
- Antecedentes de enfermedad pulmonar o tuberculosis.

o *Historial familiar:*

- Antecedentes familiares de enfermedades respiratorias, tuberculosis o cáncer relacionado con la exposición a sílice o asbesto.

o *Educación y conocimiento del trabajador:*

- Conocimiento del trabajador sobre los riesgos de exposición a sílice y asbesto.
- Conocimiento sobre el uso y la importancia del EPP.
- Pruebas de tamizaje y diagnóstico de enfermedades derivadas de la exposición ocupacional a sílice y asbesto.

o *Pruebas de tamizaje y diagnóstico*

Estos aspectos aseguran una adecuada vigilancia de la salud respiratoria en trabajadores expuestos a sílice y asbesto, permitiendo una detección temprana de posibles efectos adversos y la implementación de medidas correctivas oportunas. Según la OIT (2015), el método tradicional para el cribado médico de los trabajadores expuestos al asbesto y sílice ha sido la radiografía de tórax convencional, con interpretación estandarizada utilizando el sistema de control de la OIT para la interpretación de radiografías con presunción de neumoconiosis.

Las radiografías de tórax deben complementarse con imágenes de tomografía computarizada de alta resolución (HRCT) al menos cuando:

- Se detecta fibrosis pulmonar borderline (ILO 1/0).
- Cambios pleurales que sospechen la presencia de engrosamiento pleural, placas pleurales o mesotelioma.

Esta tecnología difumina la frontera entre la imagen de HRCT para signos pulmonares especiales, como la búsqueda o el seguimiento de fibrosis, y el cribado para cáncer de pulmón.

Recuerde que...

La función respiratoria para vigilar y monitorear la aparición de neumoconiosis por exposición a asbesto y sílice, no se identifica en estadios iniciales de la enfermedad, pues estos aparecen años después del inicio del daño del parénquima pulmonar. Por tanto, aunque el cuestionario respiratorio es una herramienta complementaria importante sobre todo cuando la enfermedad pulmonar esta instaurada, la radiografía de tórax bajo la técnica y lectura de la OIT, es el GOLD ESTANDAR para realizar el diagnóstico inicial de estas enfermedades.

Por su parte, la espirometría junto con cuestionarios sobre la exposición pasada o actual y los signos y síntomas actuales deben ser consideradas como herramientas y pruebas complementarias para establecer la gravedad de la enfermedad. En la tabla 37 se relacionan algunas de las pruebas de tamizaje y de diagnóstico de enfermedades relacionadas con la exposición a sílice y asbesto.

Tabla 37. Pruebas realizadas para el tamizaje y diagnóstico de efectos en salud derivados de la exposición a sílice y asbesto

Prueba	Tipo de prueba	
	Tamizaje	Diagnóstico
Espirometría y volumen pulmonar	X	
Capacidad de difusión alveolo-capilar (DLCO)	X	
Gasometría arterial	X	
Biopsia de pulmón		X
Bioquímica	X	
Prueba de Tuberculina	X	
Radiografía de Tórax	X	X
Tomografía computarizada		X

Fuente: *elaboración propia a partir de Bhandari et al., (2022); Ministerio del Trabajo, (2022); Boffetta, (2004); Mukhopadhyay et al., (2024); Vandenhoeck et al., (2021).*

La frecuencia de la realización de estas pruebas de tamizaje y diagnósticas, debe alinearse con lo establecido por las GATISST para neumoconiosis y los reglamentos de higiene y seguridad para la prevención de la exposición a sílice cristalina respirable y asbesto que se encuentren vigentes para el país. A su vez, los empleadores y/o contratantes pueden establecer frecuencias de tiempo menores de realización de estas pruebas, de acuerdo con los protocolos internos establecidos y la recomendación del médico laboral que apoya esta actividad en la organización.

- *Criterios de interpretación de pruebas de tamizaje y diagnósticas*

Una vez realizadas las pruebas de tamizaje y paraclínicas, es indispensable determinar el criterio a utilizar para garantizar la correcta evaluación y diagnóstico en el ámbito laboral o clínico, entre los cuales se identifican (Tossavainen, 1997; Quanjer et al., 2012; Ray-Coquard et al., 2018; Graham et al., 2019; Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Cancerología, 2021; Stanojevic et al., 2022):

- Criterios de Helsinki (solo asbesto).
- Guía de Práctica Clínica (GPC) basada en la evidencia para la tamización, diagnóstico, estadificación y tratamiento del cáncer de pulmón.
- Cáncer de ovario no epitelial: `Guía de práctica clínica de la ESMO para diagnóstico, tratamiento y seguimiento´.
- Protocolo de la OIT para rayos X de tórax.
- Espirometría.
- Protocolo de la OIT para tuberculina.
- TAC de tórax: tomografía computarizada de baja dosis (LDCT, por sus siglas en inglés).

Es importante mencionar que, para realizar un diagnóstico verídico de enfermedades derivadas de la exposición ocupacional por sílice y/o asbesto, toda prueba diagnóstica y examen físico con énfasis en el sistema respiratorio debe estar debidamente acompañado de toda la historia clínica y ocupacional detallada que incluya, como mínimo, la información descrita en la sección: `Documentación y seguimiento de la historia de exposición ocupacional´.

• Programa de vigilancia epidemiológica

Para elaborar un programa de vigilancia epidemiológica dirigido a trabajadores expuestos a sílice y asbesto se deben considerar los siguientes elementos (Lewis et al., 2013):

- *Identificar historia natural*

Este análisis permite conocer las etapas de desarrollo de enfermedades derivadas de esta exposición. Para ello, se puede considerar:

- Fase de exposición inicial: determinar la cantidad y duración de la exposición a sílice y asbesto, identificando los trabajadores con más riesgo, según las orientaciones dadas en la sección: `Carga de exposición acumulada´.
- Fase subclínica: etapa donde no hay síntomas evidentes, pero se pueden detectar cambios patológicos tempranos a través de pruebas como la espirometría, radiografías de tórax o biomarcadores específicos.
- Aparición de síntomas: identificación de signos clínicos tempranos de enfermedades relacionadas, como tos, disnea, o cambios radiológicos, que podrían indicar el inicio de una enfermedad ocupacional.
- Progresión de la enfermedad: seguimiento de la evolución de los síntomas y la gravedad de la enfermedad, proporcionando una base para intervenciones médicas y modificaciones en el entorno laboral.
- Periodo de latencia: el periodo de latencia se refiere al intervalo de tiempo entre la exposición a un agente nocivo y la aparición de síntomas o diagnóstico de enfermedad (Khatri et al., 2022), tiempos que se establecen en la tabla 38 para enfermedades relacionadas con la exposición a sílice y en la tabla 39 para enfermedades asociadas a la exposición a asbesto.

Tabla 38. Periodo de latencia exposición a sílice

Exposición a sílice	Periodo de latencia
Silicosis	10-20 años
Cáncer de pulmón	10-30 años
Bronquitis crónica	10-20 años

Fuente: *elaboración propia a partir de Marinaccio et al., (2007); Otte et al., (2024); Khatri et al., (2022).*

Tabla 39. Periodo de latencia exposición a asbesto

Exposición a asbesto	Periodo de latencia
Asbestosis	5-40 años
Mesotelioma	46-(15-63) años
Cáncer de pulmón	44 (15-70) años
Placas pleurales	10-20 años

Fuente: *elaboración propia a partir de Marinaccio et al., (2007); Otte et al., (2024); Khatri et al., (2022).*

- ***Gestión del Programa de vigilancia epidemiológica***

De otra parte, el empleador, con apoyo de personal experto y a partir de los resultados de evaluaciones, determina los criterios de inclusión de la población trabajadora en los Programas de Vigilancia Epidemiológica (PVE). Para establecer este programa, es indispensable diseñarlo e implementarlo con base en el PHVA, siguiendo los pasos que se presentan en la tabla 40.

Tabla 40. Programa de Vigilancia Epidemiológica de la exposición a sílice y asbesto

Fase	Actividad	Descripción
Planear	1. Identificación de necesidad de intervención del riesgo	• Determinar los niveles de exposición a sílice y asbesto en los diferentes sitios de trabajo. • Identificar tareas y procesos con alta exposición.
	2. Aplicación de línea base para gestión del riesgo	• Evaluar los niveles actuales de exposición a sílice y asbesto. • Recopilar datos sobre los trabajadores expuestos (historial, condiciones de salud, presencia y reporte de signos y síntomas). • Definir los niveles de referencia para la exposición.

Fase	Actividad	Descripción
Planear	3. Identificación, descripción y evaluación de las condiciones de trabajo	• Identificar fuentes de polvo y fibra (maquinaria, materiales, procedimientos). • Examinar registros de seguridad, procedimientos y FDS. • Detallar tareas y actividades (frecuencia y duración). • Medir concentraciones, analizar controles existentes y determinar si se necesitan medidas adicionales.
	5. Identificación de áreas, procesos y grupos de trabajadores con prioridad de intervención	• Evaluar actividades y áreas para identificar la mayor exposición a sílice y asbesto. • Clasificar áreas y procesos según el riesgo y priorizar la intervención para los grupos más expuestos.
Hacer	6. Aplicación de medidas de control específicas	• Analizar las características del riesgo (concentración, condiciones) para identificar áreas críticas. • Aplicar medidas específicas para mitigar el riesgo y ajustar procedimientos de trabajo.
	7. Asignar recursos, responsables y definir cronograma	• Determinar y asignar los recursos necesarios (financieros, materiales, humanos) y designar responsables. • Establecer un cronograma detallado con plazos para la implementación y seguimiento.
	8. Elaboración o revisión de perfiles ocupacionales para cargos críticos	• Desarrollar o actualizar perfiles de cargos críticos (tareas, riesgos específicos, requisitos de salud). • Asegurar que los perfiles incluyan medidas preventivas y EPP adecuados.
	9. Intervención y controles	• Medidas correctivas: implementar cambios en el entorno y procedimientos si se detectan problemas. • Reevaluación de riesgos: ajustar el programa según los resultados y la evaluación de la exposición.
	10. Programas de protección personal (EPP)	• Establecer un programa para la selección y provisión de EPP adecuado. • Capacitar en el uso correcto del EPP y supervisar su cumplimiento y eficacia.
	11. Capacitación y entrenamiento	• Formación continua: capacitar sobre riesgos, medidas de protección y evaluaciones médicas. • Sensibilización: asegurar que los trabajadores comprendan cómo la exposición puede afectar su salud.
	12. Atención y diagnóstico de casos	• Proporcionar exámenes médicos periódicos y específicos (radiografías, pruebas de función pulmonar). • Evaluar resultados para diagnosticar, proporcionar seguimiento y tratamiento adecuado.

Fase	Actividad	Descripción
Revisar y mejorar	13. Seguimiento y gestión de impacto del sistema	• Revisar regularmente la implementación de las medidas de control para asegurar su correcta ejecución y eficacia. • La eficacia de los PVE puede evaluarse considerando indicadores de incidencia, prevalencia, mortalidad, días de trabajo perdidos, Años de vida ajustados por calidad (AVAC en español y QALYs en Inglés), Años de vida ajustados por discapacidad (AVAD en español y DALYs en inglés) entre otros. • Analizar datos y resultados para evaluar el impacto en la reducción de la exposición y ajustar el programa para mejorar su eficacia.

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

- **Programa de cesación tabáquica/política de prevención del consumo de tabaco**

La combinación del tabaquismo con la exposición a asbesto o sílice crea un riesgo sinérgico para el desarrollo de cáncer de pulmón, amplificando el riesgo de forma exponencial mucho más allá de la suma de los riesgos individuales (Rudd et al., 2025). Esta interacción subraya la urgencia de una sinergia en la prevención que combine la regulación laboral/ambiental para reducir la exposición a asbesto y sílice, junto con la promoción activa de la cesación tabáquica, ya que estas acciones conjuntas son cruciales para disminuir la incidencia de cáncer de pulmón en poblaciones vulnerables (Klebe et al., 2019). Como parte de estos esfuerzos preventivos, Colombia socializó en 2021 la `Guía de Práctica Clínica para la Cesación Tabáquica´, con el fin de establecer recomendaciones basadas en la evidencia para ayudar a la población adulta a dejar definitivamente el consumo de tabaco y reducir la prevalencia nacional (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Cancerología, 2021).

La tabla 41 recoge elementos clave para un programa de cesación tabáquica y una política de prevención del consumo de tabaco. Estos elementos están diseñados para abordar de manera integral el problema del tabaquismo ofreciendo estrategias tanto a nivel individual como colectivo.

Tabla 41. Elementos para un programa de cesación tabáquica/política de prevención del consumo de tabaco

Componente del programa	Descripción
Evaluación inicial	Permite conocer la magnitud del consumo de tabaco entre los trabajadores y su dependencia. Para ello, se deben realizar **encuestas y evaluaciones** que permitan identificar a los trabajadores fumadores y evaluar el nivel de dependencia del tabaco.
Concientización y educación	Permite informar a los trabajadores sobre los riesgos para la salud asociados con el tabaquismo y la exposición ocupacional. Para ello, se pueden implementar campañas de sensibilización sobre los riesgos del tabaco, especialmente en combinación con la exposición a sílice y asbesto.
Acceso a recursos de cesación	Ayuda a los trabajadores a dejar de fumar mediante el apoyo adecuado y los recursos necesarios. Por ejemplo, implementar estrategias de apoyo que brinden acceso a programas de cesación tabáquica, incluyendo consejería, terapias de reemplazo de nicotina y medicamentos.
Política de zonas libres de tabaco	Favorece la creación de un ambiente de trabajo saludable y seguro, libre de humo de tabaco. Las zonas libres de humo deben estar señalizadas en todos los espacios laborales.
Capacitación continua	Asegurar que los supervisores puedan proporcionar el apoyo necesario a los trabajadores.

Componente del programa	Descripción
Monitoreo y evaluación	Permite evalúar la efectividad del programa y realizar ajustes para mejorar continuamente. Esto implica hacer un seguimiento de progreso de los trabajadores que participan en los programas de cesación y ajustar las estrategias según sea necesario.
Incentivos y apoyo	Motivar los trabajadores a dejar de fumar y mantener un estilo de vida saludable.
Integración con SST	Facilita la alineación de los esfuerzos de prevención del tabaco con las políticas de seguridad y salud en el trabajo existentes. Por ejemplo, prevención de consumo de alcohol, sustancias psicoactivas, entre otras.
Apoyo psicológico	Ofrecer apoyo emocional y psicológico a los trabajadores en el proceso de cesación tabáquica, especialmente a aquellos que presentan dificultades para dejar de fumar.
Evaluación de impacto	Ayuda a mejorar continuamente el programa y la política basándose en datos y comentarios de los trabajadores, a través de mejoras basadas en los resultados y la retroalimentación de los trabajadores.

Fuente: *elaboración propia, 2025.*

Recuerde que...

El responsable del SG-SST es quien debe establecer todos los controles descritos en este apartado y articularse con el higienista ocupacional y médico laboral para realizar el seguimiento de los controles de ingeniería, administrativos y en el trabajador.



Capítulo 4. Exposición extralaboral y contexto ampliado de riesgo

La exposición extralaboral a sílice y asbesto representa un riesgo significativo para la salud pública, más allá de los entornos industriales y laborales donde estos materiales son comúnmente manipulados. Aunque la mayoría de los casos de exposición se asocian con actividades laborales específicas, como la construcción, también existen múltiples escenarios extralaborales donde las personas pueden estar en contacto con estos peligrosos materiales, ocasionando una exposición ambiental o no ocupacional.

Este riesgo proviene tanto de fuentes industriales como, por ejemplo, del polvo fugitivo de canteras o cementeras, así como de actividades de construcción, demolición y fenómenos naturales. Esta exposición comunitaria es un factor de riesgo para desarrollar silicosis o asbestosis, convirtiendo su control en un asunto de salud pública (Bhagia, 2012).

Comprender las condiciones de exposición extralaboral a estos materiales y tomar medidas preventivas adecuadas y oportunas resulta fundamental para proteger la salud de la población trabajadora y global. La conciencia sobre los riesgos y las prácticas seguras en el hogar y en el entorno comunitario puede ayudar a reducir la incidencia de enfermedades relacionadas con exposición a sílice y asbesto, lo que conlleva a garantizar un entorno más seguro para todos.

Al respecto, es importante destacar algunos retos a nivel de salud pública y laboral que debe trabajarse de forma sinérgica entre todos los actores involucradas en el mejoramiento de las condiciones de salud de la población trabajadora y de la población general.

- **Invisibilización del riesgo ambiental:** el riesgo es a menudo crónico, silencioso y no identificado, presentándose en comunidades cercanas a fuentes como canteras, fábricas de cemento o sitios de demolición.

- **Dificultad en el diagnóstico temprano:** enfermedades como la silicosis, asbestosis o mesotelioma tienen largos períodos de latencia y síntomas inespecíficos en etapas iniciales, lo que complica su diagnóstico oportuno.

- **Limitaciones de vigilancia y capacidad diagnóstica:** la vigilancia epidemiológica y la capacidad diagnóstica para estas enfermedades son aún limitadas en contextos comunitarios.

- **Carencia de regulación y educación:** existe una falta de regulación y control de las fuentes no ocupacionales de exposición, así como una ausencia de campañas educativas dirigidas a la población general. Las prácticas informales o la cercanía a fuentes industriales a menudo ocurren sin protección ni supervisión.

- **Necesidad de estrategia intersectorial:** se requiere una estrategia de salud pública que integre la gestión ambiental, la educación comunitaria, la regulación de actividades informales y el fortalecimiento del sistema de salud para el seguimiento de las personas expuestas.

1. Identificación de fuentes de exposición ambiental

Las definiciones de exposición residencial y ambiental abarcan fuentes externas; la primera se refiere a la exposición vinculada a la ubicación de la vivienda, mientras que la segunda se relaciona con la contaminación general del entorno por sustancias cancerígenas como el asbesto o la sílice. La exposición doméstica (también conoci-

da como "relacionada con el hogar") se refiere al asbesto presente en el hogar o en los utensilios usados diariamente.

En el hogar: la exposición a las fibras de asbesto y polvo con contenido de sílice durante las reparaciones, renovaciones y demoliciones de las casas constituye un riesgo creciente para las enfermedades relacionadas con el asbesto en Colombia. Al respecto, en la tabla 42 se presenta una lista de los posibles lugares donde se puede encontrar asbesto en viviendas construidas entre 1942 y el 1.° de enero de 2021.

Tabla 42. Ubicación del asbesto en construcciones posteriores a 1942

Ubicación	Material con asbesto
Exterior de las viviendas	• Sellamiento y recubrimiento de techos. • Canales y bajantes, gabletes y aleros/plafones. • Tuberías de agua y conductos de chimenea. • Enchapado de paredes. • Cercados.
Dentro de las viviendas	• Tejas, tuberías y tanques de asbesto-cemento. • Recubrimiento de paredes, especialmente en áreas húmedas, tales como en la cocina, los baños, retretes y lavanderías. • Recubrimiento de cielorrasos. • Compuestos de masilla para remiendos y pintura texturizada. • Tableros de mando eléctricos. • Baldosas de pisos de vinilo y bases de fieltro para instalación de pisos de vinilo y linóleo. • Aislamientos en calentadores y estufas domésticas.

Fuente: *elaboración propia a partir de Zapata et al., (2022); Valdelamar et al., (2024).*

En Colombia abarcan una variedad de áreas, incluyendo sitios de construcción, escombreras, zonas industriales y residenciales con edificaciones antiguas y nuevas en donde se puede presentar la exposición a sílice y asbesto. Por ejemplo:

- Áreas de construcción y demolición: en ciudades con un alto volumen de construcción y remodelación, como Bogotá, Medellín y Cali, donde es común encontrar materiales de construcción antiguos que contienen asbesto. Las actividades de demolición y renovación en estas áreas pueden liberar fibras de asbesto si no se manejan adecuadamente.
- Escombreras y sitios de disposición de residuos: en áreas periféricas de grandes ciudades o en zonas rurales con sitios de disposición de residuos de construcción.
- Zonas industriales y de manufactura: plantas de fabricación de productos de construcción o de frenos que usaron asbesto en su producción.
- Áreas residenciales con edificaciones antiguas: barrios históricos o de construcción antigua en ciudades como Bogotá y Medellín.

Ubicación de las viviendas escombreras o sitios de disposición de desechos de materiales con contenido de asbesto y sílice: la exposición ambiental al asbesto y sílice puede ocurrir en áreas cercanas a escombreras o sitios de disposición de desechos que contienen materiales con estas sustancias. Estos escenarios presentan riesgos significativos para la salud pública debido a la liberación de fibras de asbesto o polvo de sílice al aire, lo que puede afectar a las personas que viven en sus proximidades.

En Sibaté, departamento de Cundinamarca (Colombia), por ejemplo, se han identificado tanto un foco de mesotelioma pleural maligno como zonas de relleno sanitario con presencia de una capa subterránea de asbesto friable. Fue allí donde funcionó desde 1942 la primera planta de asbesto-cemento del país. Un estudio realizado a partir de la combinación de datos cartográficos y aerofotográficos, con el conocimiento espacial de los habitantes del sector, permitió determinar que los materiales residuales fueron depositados en dos humedales y posteriormente nivelados. Los resultados también mostraron que, en algunas ocasiones, los residuos fueron trasladados por los habitantes de Sibaté desde las áreas de disposición originales a viviendas privadas, lo que sugiere que la ubicación del asbesto y otros contaminantes podría ser más difusa en el área urbana del municipio frente a lo que se pensaba originalmente (Lysaniuk et al., 2020).

El modelo basado en agentes (ABM) desarrollado por Duraffour et al. (2024) para evaluar la exposición al asbesto en Sibaté durante el periodo 1986-1995 reveló que la mayoría de las personas expuestas fueron niños y jóvenes entre 5 y 19 años, quienes frecuentaban los rellenos sanitarios contaminados donde estuvieron presentes fibras friables de asbesto. La exposición se produjo de manera directa, por el contacto en dichos rellenos, e indirecta, a través de la contaminación doméstica causada por fibras transportadas en la ropa de los niños. Las estimaciones del modelo, sensibles a la cantidad de niños jugando en los rellenos y al porcentaje efectivamente expuesto, indicaron un rango desde aproximadamente 100 hasta casi 850 niños y jóvenes afectados, con una menor, pero significativa exposición en adultos. Aunque el modelo presenta limitaciones, como la exclusión de niños menores de 5 años y la no consideración de la exposición acumulativa, sus resultados explican la alta incidencia de enfermedades relacionadas con el asbesto en la población joven de la zona.

Otras ciudades en Colombia donde se desarrollaron casos de mesotelioma pleural maligno por exposición a asbesto son Bucaramanga, Cali, Manizales y Pasto. En comparación con Sibaté, la tasa de incidencia por cada 100.000 habitantes por año para esta locación es muy superior con respecto a las otras ciudades de Colombia.

Las tasas de incidencia de mesotelioma pleural maligno estandarizadas por edad, estimadas tanto en hombres como mujeres diagnosticadas mientras vivían en Sibaté, parecen ser muy altas en comparación con la incidencia observada en promedio en los registros de cáncer a nivel mundial. La situación que enfrenta la población de este municipio podría ocurrir en cualquier comunidad que viva cerca de una planta de fibrocemento (Ramos-Bonilla et al., 2019).

El estudio realizado por Lysaniuk et al. (2021) estimó que, en Colombia, para el año 2005, alrededor de 10.489 personas vivían a menos de 500 metros de alguna de las seis plantas de procesamiento de asbesto o de la mina de campamento. Para 2018, la población dentro de un radio de 10 km de estas instalaciones alcanzó aproximadamente 6,7 millones de personas, que representan cerca del 14 % de la población total del país. Las zonas urbanas concentran la mayoría de la población expuesta, salvo la mina, localizada en un área rural remota con un incremento significativo de habitantes entre 2005 y 2018. La combinación de plantas ubicadas en Manizales y en Cundinamarca (Bogotá y Sibaté) implica que más de 300.000 personas vivan en un radio apróximado de 10 km de dos plantas a la vez, elevando el potencial riesgo ambiental.

Aunque no se dispuso de datos directos de exposición ambiental en Colombia, se utilizaron radios basados en estudios internacionales donde se ha mostrado aumento en el riesgo de enfermedades relacionadas con asbesto (ARD), incluyendo mesotelioma y otros cánceres respiratorios. Estos radios abarcan desde 500 m hasta 10 km alrededor de las fuentes.

En Colombia, el control de la exposición ambiental al asbesto en escombreras y sitios de disposición de desechos está regulado a través de un marco normativo que abarca la gestión de residuos, la protección del medio ambiente y la salud pública. Aunque no siempre se especifica el asbesto de manera detallada, la legislación existente proporciona una base para asegurar un manejo seguro y la protección de las comunidades cercanas.

Por ejemplo, el Decreto 1076 de 2015 regula la disposición de residuos y desechos peligrosos, lo que incluye materiales con asbesto. Esto exigeque los residuos peligrosos sean manejados y dispuestos de manera segura, para lo cual se recomienda revisar la sección `Disposición de residuos peligrosos (solo para asbesto)´.

Entre tanto, la Resolución 610 de 2010 establece Normas Técnicas de Calidad del Aire que proporcionan directrices regulatorias sobre los niveles permitidos de contaminantes atmosféricos. Aunque no se menciona específicamente el asbesto, estas normas son relevantes para controlar la liberación de partículas al aire.

Ingesta de agua contaminada con asbesto: con frecuencia, el agua potable ha sido transportada, recolectada y almacenada en tuberías y tanques hechos de asbesto-cemento, material que también se utiliza en techos. La OMS ha determinado que el riesgo para la salud asociado con la ingesta de fibras de asbesto en el agua potable es tan bajo que no se ha podido identificar un riesgo significativo.

No obstante, las fibras de asbesto que pueden ser liberadas en esta y luego quedar en el aire cuando el agua se evapora son una preocupación, ya que pueden ser inhaladas. Ejemplos de esto incluyen el agua de lluvia que se recoge en canales de desagüe o los escombros de asbesto seco después de una inundación (Zapata et al., 2022).

En Colombia, la regulación sobre la calidad del agua potable y los análisis necesarios está especificada en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), así como en otras disposiciones técnicas y normativas locales. El RAS establece los parámetros y métodos de análisis para garantizar la calidad del agua potable. Asimismo, orienta la realización de una serie de análisis regulares para asegurar que el agua cumpla con los estándares de calidad y no represente un riesgo para la salud humana. Entre los parámetros que se analizan se encuentran:

- Parámetros físicos y químicos: incluyen turbidez, pH, conductividad, cloro residual, dureza, metales pesados (como plomo y arsénico) y otros contaminantes químicos.
- Parámetros microbiológicos: evaluación de la presencia de bacterias patógenas como *Escherichia coli, coliformes* totales, entre otros.
- Contaminantes específicos: como nitratos, fluoruro y otros contaminantes en particular, de acuerdo con la normativa.

Aunque el análisis para asbesto en el agua potable no está rutinariamente incluido en los parámetros estándar establecidos en el RAS, si se sospecha que el agua puede estar contaminada con asbesto debido a la presencia de tuberías de asbesto-cemento o por otras razones, se recomienda llevar a cabo un análisis específico para detectar la presencia de fibras de asbesto en el agua (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, s.f.).

2. Identificación de fuentes de exposición paraocupacional

Existen también riesgos de exposición para los miembros de las familias, si los trabajadores no se descontaminan totalmente antes de regresar al hogar. La ropa de trabajo, por ejemplo, representa una fuente de exposición paraocupacional. La exposición familiar se refiere a la que ocurre con los miembros de la familia, a menudo, porque llevan asbesto a casa en su indumentaria laboral (Marinaccio et al., 2007).

Un estudio realizado en Amagasaki, Japón, evaluó la asociación entre la exposición ambiental al asbesto y la mortalidad por mesotelioma en una cohorte de residentes de largo plazo. Los datos mostraron que la tasa de mortalidad por mesotelioma por 100.000 personas aumentó progresivamente en tres periodos: de 2372,8 a 3376,3 en hombres y de 1640,3 a 2447,5 en mujeres, entre 2002 y 2015, lo que sugiere un efecto acumulativo a largo plazo de la exposición al asbesto ambiental.

Para cuantificar el riesgo, se calcularon las razones de momios (OR) ajustadas mediante regresión logística condicional, tomando en cuenta el índice acumulativo de exposición vecinal surgido de las concentraciones simuladas de fibras de asbesto en el aire durante 1957–1975. Los ORs ajustados en el quintil superior frente al quintil inferior fueron 23,7 (IC 95 % no especificado) para hombres y 26,0 para mujeres, indicando una asociación dosis-respuesta fuerte y consistente en ambos sexos (Kitamura et al., 2023).

En un estudio realizado por Ferrante et al. (2007), se presentaron los resultados sobre la mortalidad por causas específicas y la incidencia de mesotelioma maligno en la cohorte de esposas de trabajadores empleados en la planta Eternit en Casale Monferrato (Piamonte, Italia), con más de 40 años de seguimiento. En este caso, se examinaron los efectos de la exposición doméstica según la duración de la misma y el periodo de latencia. En conclusión, el estudio confirmó el aumento del riesgo de mesotelioma maligno debido a la exposición en el hogar entre las mujeres casadas con trabajadores expuestos al asbesto.

Otro caso de estudio desarrollado en Dinamarca mostró que los principales factores de riesgo para las personas sin exposición ocupacional es vivir con un trabajador de alto riesgo. Aunque se ha demostrado que la exposición ocupacional conlleva un mayor riesgo que la exposición doméstica, hay evidencia de un riesgo aumentado de mesotelioma maligno en mujeres con exposición doméstica al asbesto a través de familiares de primer grado. El 33,6 % de las pacientes femeninas con mesotelioma maligno tienen exposición doméstica. Estos hallazgos están corroborados por otros estudios. El 46 % de las mujeres incluidas tuvieron exposición secundaria a través de su padre, esposo o hijo. Lo que se traduce en que vivir con un trabajador expuesto a minerales peligrosos es un factor de riesgo potente para desarrollar mesotelioma maligno (Dahl et al., 2014).

En Broni, pequeña ciudad en la provincia de Pavía al noroeste de Italia, entre 1932 y 1993, funcionó la segunda fábrica de fibrocemento más grande de Italia (Fibronit). El uso del asbesto se interrumpió por completo en 1993 tras la aprobación de su prohibición del La fábrica continuó produciendo cemento hasta 1997 y cerró en 2000. En un estudio realizado por Consonni et al. (2020), se demostró que la fábrica sigue teniendo un gran impacto en la comunidad local.

3. Identificación de exposición secundaria - segunda ocupación

La exposición extralaboral al asbesto y sílice, combinada con un segundo trabajo en sectores informales o no regulados, aumenta significativamente el riesgo de desarrollar enfermedades graves como la asbestosis, mesotelioma y silicosis. Los trabajos secundarios en áreas como la construcción informal, reparaciones domésticas o minería artesanal suelen carecer de las medidas de protección adecuadas, lo

que amplifica la posibilidad de inhalación de partículas tóxicas.

Además, la exposición en entornos domésticos y recreativos, como la manipulación de materiales que contienen asbesto o sílice o incluso por contacto con agua con presencia de asbesto (Avataneo et al., 2023), contribuye a una carga acumulativa de exposición que, sin el adecuado control, puede ser igual de peligrosa que la exposición laboral directa. Este escenario subraya la importancia de la concientización y adopción de medidas preventivas en todas las actividades que involucren estos materiales.

La falta de conciencia y equipo de protección incrementa el riesgo de exposición. A menudo, los trabajadores en estas actividades cortan, perforan o rompen estos materiales sin la debida protección. Según la OIT, en países en desarrollo y economías emergentes, gran parte de la construcción se realiza de manera informal, lo que deja a los trabajadores altamente vulnerables a la exposición a asbesto y polvo de sílice sin supervisión adecuada.

Anteriormente, la exposición al asbesto se vinculaba principalmente con la minería, el procesamiento del material y con los trabajadores que participaban en la construcción, fabricación o uso de productos que contenían asbesto. La exposición secundaria ocurre cuando personas que no trabajaban directamente con este material quedan expuestas a sus fibras al compartir un espacio de trabajo donde otros lo manipulan.

Además, las personas pueden estar en contacto con el asbesto a través de pasatiempos y actividades recreativas que involucren materiales con este componente, como la renovación de viviendas, reparación de automóviles y la exploración urbana. En áreas donde el asbesto natural se encuentra cerca de la superficie, actividades como la jardinería o el ciclismo de montaña también pueden generar exposición si se altera la roca que lo contiene.

Con base en lo anterior, la vigilancia de la salud debe ampliarse para considerar no solo a los trabajadores con exposición directa, sino también a sus círculos de contacto estrecho. Esto implica reforzar las estrategias de educación y prevención, fomentando prácticas de descontaminación (cambio de indumentaria, duchas, almacenamiento separado de la ropa de trabajo) para evitar llevar polvo contaminado al hogar.

En segundo lugar, es fundamental que los programas de vigilancia médica ocupacional incorporen preguntas específicas sobre exposición paraocupacional y segundas ocupaciones, especialmente en contextos donde se desarrollan actividades informales o no reguladas (como reparaciones domésticas, minería artesanal o reciclaje). Deben considerarse factores de riesgo adicionales como la convivencia con trabajadores de alto riesgo, la participación en pasatiempos peligrosos o la residencia en áreas con presencia natural de asbesto o sílice. Esto permitirá una caracterización más completa del riesgo acumulado y la identificación temprana de personas en alto riesgo que podrían beneficiarse de una vigilancia clínica más frecuente y especializada.

Recuerde que...

El responsable del SG-SST es quien debe realizar esta identificación de exposición extralaboral y suministrar la información pertinente a los actores implicados en la vigilancia de la historia de exposición de los trabajadores, como lo son las ARL, médicos laborales de la organización, etc.



PARTE II
DIRIGIDA A LOS TRABAJADORES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Descripción del contenido. Parte II

Para facilitar su uso y comprensión, esta parte de la guía se estructura en dos capítulos que brindan herramientas e información básica y de fácil comprensión para conocer los riesgos y aplicar medidas efectivas de prevención de la exposición a sílice y asbesto. Su propósito es orientar sobre cómo actuar en el día a día para evitar la exposición, proteger la salud y fortalecer una cultura de seguridad en los trabajadores del sector de la construcción.

CCS Consejo Colombiano de Seguridad
Instituto Nacional de Salud
Universidad del Rosario
Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 1. Fundamentos conceptuales y normativos de la exposición a sílice y asbesto

Se presentan los conceptos y generalidades de la sílice y el asbesto en el contexto laboral, efectos en salud, factores que aumentan el riesgo de desarrollar enfermedades asociadas a la exposición a estas dos sustancias, signos y síntomas ocasionados por la exposición y se describen las formas en que el trabajador puede identificar el peligro en sus actividades laborales.



Capítulo 2. Medidas de control a implementar para reducir la exposición a sílice y asbesto

En este capítulo se exponen los roles y responsabilidades de los trabajadores, así como los diferentes controles que estos pueden implementar y verificar en el lugar de trabajo.

Capítulo 1. Generalidades para la identificación del peligro asociado a la exposición a sílice y asbesto

¿Qué son sílice y el asbesto y cómo identificarlos?

¿Qué es la sílice?

La sílice es un mineral común que se encuentra en la naturaleza, compuesto principalmente por dióxido de silicio (SiO_2). Es uno de los minerales más abundantes en la corteza terrestre.

1. ¿Dónde la encuentra en su trabajo?

La sílice cristalina está presente en muchos materiales que se usan a diario en la construcción, entre las cuales, según The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 2024), destacan:

- Concreto y cemento.
- Ladrillos y bloques de hormigón.
- Piedras naturales y artificiales.
- Cerámicas y azulejos.
- Arena.

2. ¿Cuándo es peligrosa?

La sílice se vuelve peligrosa para su salud cuando la inhala en forma de polvo, especialmente durante actividades como las listadas por Occupational Safety and Health Administration (OSHA,2016a):

- Corte.
- Perforación.
- Molienda o trituración.
- Lijado.
- Chorreado de arena.

Las partículas más pequeñas, especialmente las finas y ultrafinas (con un diámetro inferior a 5 micras), son las más peligrosas porque pueden llegar muy profundo a los pulmones sin ser visibles a simple vista (Ramírez, 2013). Cuanto más pequeña sea la partícula y mayor la concentración en el aire, mayor el riesgo de que una persona pueda enfermar (Li et al., 2022).

¿Qué es el asbesto?

El asbesto (también conocido como amianto) es un nombre general para un grupo de fibras minerales naturales. El tipo más común es el crisotilo (asbesto blanco), pero también hay otros como amosita (asbesto marrón) y crocidolita (asbesto azul) (IARC, 2012).

1. ¿Dónde lo encuentra en su trabajo?

Aunque en Colombia su uso está prohibido desde 2019 (Congreso de la República, 2019), es un problema vigente porque sigue presente en muchas construcciones antiguas, especialmente las construidas o renovadas antes de esa fecha (Thives et al., 2022):

- Tejas de fibrocemento (especialmente en techos).
- Tuberías antiguas y grises que no sean de PVC.
- Aislamiento (de tuberías, calderas, hornos).
- Revestimientos de techos y paredes.
- Baldosas de suelo.
- Paneles de yeso y cemento.
- Materiales ignífugos (para evitar incendios).

2. ¿Cuándo es peligroso?

El asbesto es peligroso cuando sus fibras se liberan y son inhaladas, incluso en pequeñas cantidades o exposiciones cortas, lo que podría conllevar a la aparición de una enfermedad décadas después de la exposición (ATSDR, 2021):

- Construcción, demolición, mantenimiento y reparación de edificios antiguos.
- Cualquier actividad que altere, dañe o deteriore los materiales que lo contienen, como corte, taladrado o lijado.

3. ¿Cuándo sospechar que hay asbesto?

Al iniciar un proceso de trabajo, se debe verificar lo siguiente:

- Presencia de cemento antiguo: para ello, debe buscar tuberías grises, de apariencia opaca (no plástica ni metálica brillante), muy duras, que parecen hechas de cemento o cartón grueso.
- Instalaciones viejas: por lo general, tuberías que se instalaron antes del año 2000 o 2005 (dependiendo de la legislación local). Si la tubería es de un edificio o red antigua, hay sospecha.
- Etiquetas claras del tipo de material: si la tubería no tiene marcas o etiquetas visibles que indiquen “PVC”, “PE” o la fecha de fabricación, considérela sospechosa y con potencial contenido de asbesto.

¿Qué se debe hacer al identificar condiciones o materiales sospechosos?

¡Reportar el peligro! Este reporte lo puede realizar al jefe inmediato, al supervisor de obra y/o al supervisor o coordinador de seguridad y salud en el trabajo, de forma directa (voz a voz) o mediante el formato de reporte de condiciones inseguras que tenga establecido el empleador o empresa contratante en donde se está llevando a cabo la obra.

El reporte es lo mejor que puede y debe hacer un trabajador, además de ser una de sus responsabilidades.

- Si ve un material sospechoso o alguna condición insegura que pueda liberar sílice o asbesto, debe informar inmediatamente al supervisor o al encargado de seguridad y salud en el trabajo.
- La empresa es responsable de investigar y tomar las medidas necesarias. Para ello, su participación con la notificación y reporte del peligro es fundamental.

Efectos en la salud por exposición a Sílice y Asbesto

Las enfermedades que se describen en la tabla 43, son aquellas que pueden aparecer muchos años después de la exposición a la sílice y al asbesto; sin embargo, es importante estar atento a cualquier cambio que se llegue a presentar en su condición de salud, principalmente, respiratoria e informar a su jefe inmediato y a su médico.

Tabla 43. Descripción detallada de enfermedades

Causa principal	Enfermedad	Descripción
Sílice	Silicosis	Enfermedad pulmonar causada por acumulación de polvo de sílice en los pulmones. Produce cicatrices internas (fibrosis) que dificultan la respiración, provocan tos crónica y pueden derivar en falla pulmonar.

Causa Principal	Enfermedad	Descripción
Sílice	Tuberculosis (TB)	Las personas con silicosis tienen un riesgo mucho mayor de desarrollar tuberculosis debido al daño pulmonar previo.
	Otros riesgos	La exposición prolongada también se asocia con EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica), artritis y enfermedades renales.
	Cáncer de pulmón	La sílice cristalina es un cancerígeno reconocido (Grupo 1, IARC). La exposición continua aumenta significativamente el riesgo de cáncer de pulmón.
Asbesto	Asbestosis	Enfermedad progresiva e irreversible similar a la silicosis. Las fibras de asbesto provocan fibrosis pulmonar, lo que causa dificultad respiratoria crónica.
	Mesotelioma maligno	Cáncer muy agresivo vinculado casi exclusivamente al asbesto. Afecta la pleura, el peritoneo o el pericardio. Puede desarrollarse décadas después de una exposición breve.
	Cáncer de pulmón	La inhalación de fibras de asbesto aumenta significativamente el riesgo de cáncer pulmonar.
	Otros cánceres	Exposición relacionada con cáncer de laringe.

Fuente: *elaboración a partir de Miao et al., (2024); Kurihara et al., (2004); Metwally et al., (2022); Kumari et al., (2023); Krabbe et al., (2024); Mangone et al., (2022); Gariazzo et al., (2023); Ramada Rodilla et al., (2022); Lin, et al., (2022); Kim et al., (2024).*

Los factores que aumentan el riesgo de enfermarse

Se destaca que aunque la exposición ocupacional a estas dos sustancias cancerígenas son el principal factor predisponente para el desarrollo de las enfermedades mencionadas en la tabla anterior, hay algunos factores específicos que son determinantes para el desarrollo de estas enfermedades:

- Tamaño y cantidad de partículas/fibras: cuanto más pequeñas y mayor cantidad haya en el aire, más peligroso es (Marques Da Silva et al., 2022; Li et al., 2022). Por ello, es importante conocer los resultados de las mediciones ambientales que se realizan en su organización y específicamente los derivados de su medición individual.

- Tiempo de exposición: cuanto más tiempo esté expuesto, mayor es el riesgo (Collatuzzo et al., 2023). Al respecto, es importante que usted lleve el control o bitácora de los turnos, horas y actividades en donde hay contacto y exposición a estas sustancias.

- Fumar: el cigarrillo multiplica el riesgo de cáncer de pulmón si está expuesto a sílice (Kurihara et al., 2004) o a asbesto. Por tanto, es importante que usted notifique a su empleador la existencia de este hábito, para que sea ingresado al programa de cesación tabáquica que exista en la organización y para realizar el seguimiento más exhaustivo de la función respiratoria, tanto para el desarrollo de las actividades en donde existe la exposición ocupacional, así como a la eficacia del uso del respirador asignado.

- Condiciones de salud personales: si ya tiene enfermedades como tuberculosis, EPOC, asma u otras condiciones respiratorias, el

riesgo es mayor (Metwally et al., 2022; Kumari et al., 2023; Krabbe et al., 2024). Por ello, usted como trabajador, debe reportarlas a su empleador.

Condiciones de salud, signos y síntomas de alarma y reporte

Es fundamental que preste atención a su salud y que participe en los exámenes médicos que ofrezca la empresa. La detección temprana de problemas de salud puede hacer una gran diferencia.

1.Signos y síntomas de alerta de posible enfermedad

Es vital que esté atento a cualquier cambio en su salud, especialmente en su sistema respiratorio. Las enfermedades relacionadas con sílice y asbesto pueden demorarse muchos años en manifestarse.

Si experimnta alguno de estos signos o síntomas (Hoy et al., 2020; Jain et al., 2024), repórtelos de inmediato a su empleador o al equipo de salud y seguridad en el trabajo:

- Tos persistente (frecuencia, duración, tipo).
- Expectoración o flema (cantidad y tipo).
- Dificultad para respirar (disnea), ya sea en reposo o al hacer esfuerzo.
- Sibilancias (silbidos al respirar).
- Dolor en el pecho.
- Cualquier síntoma inusual o persistente, incluso si parece leve.

Además, su participación en los exámenes médicos ocupacionales periódicos (espirometría y rayos X de tórax) es esencial, ya que ayudan a detectar problemas de salud de forma temprana y relacionada con la exposición ocupacional a estas sustancias, pues los síntomas y signos respiratorios anteriormente descritos pueden ser relacionados con otras enfermedades respiratorias, que pueden ser descartadas de acuerdo con:

- Pruebas de tamizaje y diagnóstico de neumoconiosis: espirometrías, radiografía de tórax, prueba de esfuerzo, etc.
- Historial de exposición ocupacional individual.

2. ¿Qué hacer si presenta estos síntomas?

- Informar de inmediato al supervisor y al personal de salud de la empresa. No se debe esperar a que los síntomas empeoren.
- Asistir a todas las evaluaciones médicas ocupacionales (de ingreso, post-incapacidad, retorno laboral, periódicas y de egreso).). Estas valoraciones son fundamentales para detectar a tiempo cualquier cambio en el estado de salud.
- Participar activamente en los cuestionarios de salud respiratoria. Es importante responder con sinceridad sobre el historial médico, el hábito de fumar y la exposición a otros contaminantes.
- Si se solicitan equipos para medir la calidad del aire (muestras personales), deben utilizarse correctamente. Estos dispositivos permiten identificar la cantidad de polvo o fibras presentes en el ambiente.

Recuerde que...

Las enfermedades relacionadas con la sílice y el asbesto pueden tardar muchos años en manifestarse. Por ello, el seguimiento constante de la salud y la comunicación con el equipo médico de la empresa son esenciales.

Capítulo 2. Medidas de control a implementar para reducir la exposición a sílice y asbesto

Roles y responsabilidades

Cada trabajador es una pieza clave en la prevención de riesgos. Su colaboración y el cumplimiento de las medidas de seguridad son fundamentales.

Sus responsabilidades incluyen:

- Cumplir con los procedimientos de seguridad definidos por su empleador para el manejo de sílice y asbesto.
- Usar correctamente los elementos de protección personal que le sean entregados y asegurarse de que estén en buen estado.
- Aplicar los controles en la fuente que la empresa ha implementado.
- Participar activamente en todos los programas de formación y capacitación sobre los riesgos y medidas de control.
- Informar de inmediato a su supervisor o al personal de SST sobre cualquier riesgo, condición insegura o situación que pueda poner en peligro su salud o la de sus compañeros.
- Acudir a todas las evaluaciones médicas ocupacionales cuando se le indique.
- Permitir el uso de equipos de muestreo personal cuando sea necesario para medir la exposición en su área de trabajo.
- Abstenerte de fumar y consumir alimentos o bebidas en el puesto de trabajo.

Controles a implementar en el lugar de trabajo

A continuación, se detallan las medidas de control para reducir la exposición a sílice y asbesto en su entorno laboral:

1. Controles en la fuente

- **Eliminación y sustitución:** la empresa debe buscar eliminar el peligro o sustituir los materiales por otros menos peligrosos (ej. usar concretos sin sílice o fibras sintéticas en lugar de asbesto). Para ello, es importante contar con la participación del trabajador, dado que, si los materiales que contienen sílice se usan o si el asbesto está presente, su rol es seguir los nuevos procedimientos y materiales.
- **Controles de ingeniería (tecnología):**
  - Ventilación localizada (LEV): son sistemas que capturan y remueven el polvo o las fibras justo donde se generan. Asegúrese de que estos sistemas estén encendidos y funcionando correctamente.
  - Aspiración: se usan aspiradoras industriales con filtros especiales de alta eficiencia (High Efficiency Particulate Air - [HEPA]), o extractores conectados a las herramientas. Use las herramientas con los sistemas de aspiración conectados y verifique que el filtro HEPA esté en su lugar.
  - Humectación: se usa agua para mojar los materiales y evitar que el polvo o las fibras se dispersen. Si su tarea lo permite, asegúrese de que se esté aplicando agua o que su herramienta use un sistema húmedo integrado.
  - Encapsulamiento de materiales: algunos materiales con asbesto o sílice se recubren con un sellador para evitar la liberación de fibras/polvo. Nunca dañe

o altere estos materiales encapsulados. Si ve uno dañado, ¡repórtelo de inmediato!

- Encerramientos y zonas de descontaminación: son estructuras que confinan el trabajo peligroso o áreas para su limpieza. Debe seguir rigurosamente los procedimientos para entrar y salir de estas zonas y utilizar las duchas y áreas de cambio de ropa para descontaminarse adecuadamente. Solo personal autorizado debe entrar y salir de las zonas contaminadas.

2. Controles administrativos

- **Plan de manejo de asbesto y sílice:** la empresa tiene un plan para controlar estos materiales. Familiarícese con este plan y siga sus indicaciones.

- **Señalización y comunicación de riesgos:** preste atención a las señales de advertencia en las áreas de trabajo. Estas indican peligros, uso obligatorio de elementos de protección personal y restricciones de acceso. Respete siempre estas señales.

Recuerde que...

No comer, beber o fumar en el lugar de trabajo. Lávese las manos y la cara antes de comer. Dúchese y cámbiese de ropa al terminar la jornada. No usar aire comprimido para limpiar su ropa. ¡Y nunca lleve ropa contaminada a su casa!

- Capacitación y entrenamiento: participe en todas las capacitaciones. Le enseñarán sobre los riesgos, los efectos en la salud, cómo usar sus elementos de protección personal y los procedimientos de emergencia.

- Lavado de ropa de trabajo: la ropa contaminada debe lavarse en instalaciones especiales o seguir procedimientos estrictos. Si está expuesto a sustancias tóxicas, la empresa debe darle casilleros dobles para separar su ropa de calle de la de trabajo. Separe su ropa de trabajo contaminada de su ropa personal. Guárdela en contenedores cerrados y etiquetados. Si la lava usted, use elementos de protección personal.

- Mantenimiento, limpieza y orden del lugar de trabajo: ayude a mantener su área de trabajo limpia y ordenada. Evite barrer en seco; use métodos húmedos o aspiradoras con filtros HEPA para limpiar el polvo. Reporte cualquier equipo dañado.

- Disposición de residuos peligrosos: los residuos con sílice o asbesto se deben manejar con cuidado: humedecer, sellar en bolsas dobles y etiquetar, para luego disponer en vertederos autorizados. Nunca manipule estos residuos sin la capacitación y el elemento de protección personal adecuado y siga los procedimientos de disposición.

- Diseño de procedimientos de trabajo seguro: siga los pasos y las instrucciones de trabajo seguro que se han diseñado para su tarea, que buscan minimizar su exposición a estas sustancias.

- Organización del trabajo (turnos, rotación): la empresa puede establecer límites en la duración de los turnos, pausas frecuentes y rotación de tareas para reducir su exposición continua. Cumpla con los horarios de rotación y las pausas.

3. Controles en el trabajador

- **Protección respiratoria (PR):** es importante que usted reconozca el programa de protección respiratoria, el cual asegura que use el respirador adecuado y que este lo proteja. Es su última barrera de defensa.

- Selección del respirador: la empresa le proporcionará el respirador adecuado (por ejemplo, con filtros P100 para sílice o filtros HEPA para asbesto). En la figura 23 se presentan ejemplos de respiradores que le deben ser suministrados por el empleador.

Figura 23. Ejemplos de respiradores (filtro P100 y filtro HEPA)

Filtro P100



Filtro HEPA



Fuente: *elaborada con Gemini Pro, 2025.*

- Entrenamiento: recibirá capacitación sobre cómo usarlo correctamente, sus limitaciones y cómo verificar su sellado.

- Pruebas de ajuste *(fit testing)*: se le realizará una prueba para asegurar que el respirador se ajusta perfectamente a su cara. Es fundamental que esta prueba se realice y que su respirador sea el correcto para usted, prueba que deber realizarse como se evidencia en la figura 24. Si cambia de respirador o tiene cambios físicos, informe para llevar a cabo otra prueba.

Figura 24. Prueba de ajuste cuantitativa



Fuente: *elaborada con Gemini Pro, 2025.*

Se requiere una prueba de ajuste cualitativa o cuantitativa antes de que un usuario utilice un respirador de uso obligatorio en el trabajo, la cual debe realizarse al menos anualmente. Además, las pruebas deben hacerse cuando se usa un tamaño, estilo, modelo o marca diferente de respirador, o cuando ocurren cambios faciales que puedan afectar el ajuste, como fluctuaciones significativas de peso o cambios dentales. Este tipo de pruebas deben realizarse siguiendo un protocolo que la empresa le dará a conocer previamente a su realización.

- Cuidado del respirador: inspeccione su respirador antes de cada uso, límpielo y desinféctelo regularmente y guárdelo en un lugar limpio y seco. Reporte si está dañado.

- Evaluación médica: se le hará una evaluación médica antes de usar el respirador para asegurar que usted es apto físicamente para ello. Si tiene dificultades para respirar o las condiciones de trabajo cambian, reporte para realizar otra evaluación.

- Vigilancia de su salud:

  - La empresa realiza exámenes médicos periódicos para detectar cualquier signo temprano de enfermedad.

  - También se utilizan cuestionarios de síntomas respiratorios para identificar si tiene tos, dificultad para respirar u otras enfermedades que puedan coadyuvar o hacer sinergia para el desarrollo de las neumoconiosis.

  - Se pueden realizar pruebas de función pulmonar (espirometrías) y radiografías de tórax para monitorear sus pulmones.

  - La información sobre su historial de exposición laboral es muy valiosa. La empresa debe registrar dónde trabajó, las tareas que hizo y los niveles de exposición en esas áreas. Esta información es clave para la vigilancia de su salud a largo plazo.

- **Programa de cesación tabáquica:** si fuma, es vital que sepa que el tabaquismo multiplica el riesgo de cáncer de pulmón si también está expuesto al asbesto. La empresa puede ofrecerle programas para ayudarle a dejar de fumar. Aproveche esta oportunidad para proteger su salud.

Su compromiso con estas prácticas no solo lo protege a usted, sino que contribuye a un ambiente de trabajo más seguro y saludable ¡La prevención es tarea de todos!



Referencias

Aachimi, A., Marc, F., Bonvallot, N., & Clerc, F. (2023). A control banding method for chemical risk assessment in occupational settings in France. Frontiers in Public Health, 11, 1282668. *https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1282668*

Abad, A., Gerassis, S., Saavedra, Á., Giráldez, E., García, J. F., & Taboada, J. (2018). A Bayesian assessment of occupational health surveillance in workers exposed to silica in the energy and construction industry. Environmental Science and Pollution Research. *https://doi.org/10.1007/s11356-018-2962-6*

Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. (2021). Resúmenes de Salud Pública - Asbesto (Amianto) (Asbestos). Available from: *https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs61.html*

Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. (2023). Who Is at Risk of Exposure to Asbestos? Available from: *https://archive.cdc.gov/www_atsdr_cdc_gov/csem/asbestos/who_is_at_risk.html#:~:text=Today%2C%20the%20populations%20most%20heavily,other%20occupations%20were%20also%20exposed.*

Alexander, B., Echt, A., Ql, C., Hammond, D. y Garcia A. (s. f.). Engineering Controls for Respirable Crystalline Silica Hazards. The Synergist. Available from: *https://synergist.aiha.org/202204-engineering-controls-silica*

American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH]. (s. f.). Industrial ventilation resources. Available from: *https://www.acgih.org/ventilation/*

American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH]. (2023). 2023 TLVs and BEIs. Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents y Biological Exposure Indices.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH]. (2024). TLVs and BEIs. Available from: *https://www.acgih.org/science/*

American Industrial Hygiene Association [AIHA]. (2024). Hierarchy of Controls. Available from: *https://aiha-assets.sfo2.digitaloceanspaces.com/AIHA/resources/White-Papers/HOC-White-Paper.pdf*

Andrews, R., & Fey O'connor, P. (2020). NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fifth Edtion. Available from: *www.cdc.gov/niosh/nmam*

Anlimah, F., Gopaldasani, V., MacPhail, C., & Davies, B. (2023). A systematic review of the effectiveness of dust control measures adopted to reduce workplace exposure. Environmental science and pollution research international, 30(19), 54407–54428. *https://doi.org/10.1007/s11356-023-26321-w*

Avataneo, C., Capella, S., Luiso, M., Marangoni, G., Lasagna, M., De Luca, D. A., et al. (2023). Waterborne asbestos: Good practices for surface waters analyses. Frontiers in Chemistry, 11, 1104569. *https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1104569*

Bhagia, L. (2012). Non-occupational exposure to silica dust. Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine, 16(3), 95. *https://doi.org/10.4103/0019-5278.111744*

Bhandari, J., Thada, P. K. y Sedhai, Y. R. (2022). Asbestosis. National Center for Biotechnology Information. Available from: *https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555985/*

Beaucham, C. C., Lentz, T. J., & Rice, F. L. (2012). Expanding control banding for workplace silica exposures throughout the Americas. International Journal of Occupational and Environmental Health, 18(4), 344-347. *https://doi.org/10.1179/2049396712Y.0000000001*

Beltrán, C. y Murcia, J. (2016). Métodos para identificación de peligros, análisis, evaluación y tratamiento de los riesgos en Colombia. Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, 3(6), Article 6. *https://urepublicana.edu.co/ojs/index.php/ingenieria/article/view/320*

Binazzi, A., Di Marzio, D., Verardo, M., Migliore, E., Benfatto, L., Malacarne, D., et al. (2022). Asbestos Exposure and Malignant Mesothelioma in Construction Workers-Epidemiological Remarks by the Italian National Mesothelioma Registry (ReNaM). International journal of environmental research and public health. *https://doi.org/DOI10.3390/ijerph19010235*

Boadu, E. F., Okeke, S. R., Boadi Osei Bonsu E., C., & Addo, I. Y. (2023). Work-related respiratory health conditions among construction workers: A systematic narrative review. BMJ Open Respiratory Research, 10(1). *https://doi.org/10.1136/bmjresp-2023-001736*

Boffetta, P. (2004). Epidemiology of environmental and occupational cancer. Oncogene, 23, 6392-6403. *https://doi.org/10.1038/sj.onc.1207715*

Bolan, S., Kempton, L., McCarthy, T., Wijesekara, H., Piyathilake, U., Jasemizad, T., et al. (2023). Sustainable management of hazardous asbestos-containing materials: Containment, stabilization and inertization. Science of The Total Environment, 881, Article 163456. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163456

Carballo, M., Fernández, E., Freijo, J. y Menéndez, P. (2022). Guía técnica para la prevención del riesgo por exposición a la sílice respirable (SCR) en el ámbito laboral. Instituto Nacional de Silicosis. Editorial MIC. Available form: *https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/mineria/Seguridad/Guias/Gu%C3%ADas/Guia-control-riesgo-exposicion-s%C3%ADlice-cristalina-respirable-Empresas-sujetas-RGNBSM.pdf*

Chicaíza, L. (2020). Sistema para identificar y cuantificar asbesto por medio de imágenes satelitales [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional de la Pontificia Universidad Javeriana. *https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.52636*

Collatuzzo, G., Turati, F., Malvezzi, M., Negri, E., La Vecchia, C., & Boffetta, P. (2023). Attributable Fraction of Cancer Related to Occupational Exposure in Italy. Cancers, 15(8). *https://doi.org/10.3390/CANCERS15082234*

Collingwood, S., & Heitbrink, W. A. (2007). Field evaluation of an engineering control for respirable crystalline silica exposures during mortar removal. Journal of occupational and environmental hygiene, 4(11), 875–887. *https://doi.org/10.1080/15459620701665720*

Congreso de la República de Colombia. (2019). Ley 1968 de 2019 "Por el cual se prohíbe el uso de asbesto en el territorio nacional y se establecen garantías de protección a la salud de los colombianos". Colombia. Disponible en: *https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30036642#:~:text=La%20presente%20ley%20tiene%20por,de%20sus%20modalidades%20o%20presentaciones.*

Consonni, D., de Matteis, S., Dallari, B., Pesatori, A. C., Riboldi, L. y Mensi, C. (2020). Impact of an asbestos cement factory on mesothelioma incidence in a community in Italy. Environmental Research, 183, Article 108968. *https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108968*

Dahl, M., Kragh-Thomsen, M., Stanislaus, S. y Møller, U. (2014). Almost half of women with malignant mesothelioma were exposed to asbestos at home through their husbands or sons. Danish Medical Journal. Available from: *https://ugeskriftet.dk/dmj/almost-half-women-malignant-mesothelioma-were-exposed-asbestos-home-through-their-husbands-or*

Dugheri, S., Capelli, G., Trevisani, L., Kemble, S., Paone, F., Rigacci K., et al. (2022). A Qualitative and Quantitative Occupational Exposure Risk Assessment to Hazardous Substances during Powder-Bed Fusion Processes in Metal-Additive Manufacturing. Safety. 8(2). *https://doi.org/10.3390/safety8020032*

Duraffour, F., Ramos-Bonilla, J. P., & Lysaniuk, B. (2024). Use of agent-based modeling to analyze potential non-occupational exposures to asbestos of the general population of Sibaté (Colombia). Environmental Monitoring and Assessment, 196(10). *https://doi.org/10.1007/S10661-024-13052-9*

Gariazzo, C., Gasparrini, A., & Marinaccio, A. (2023). Asbestos Consumption and Malignant Mesothelioma Mortality Trends in the Major User Countries. Annals of Global Health, 89(1), 11. *https://doi.org/10.5334/aogh.4012*

Gorman, M., Li, A. M., Lavoué, J., & Davies, H. W. (2023). Determinants of respirable crystalline silica exposure in construction in western Canada. Annals of Work Exposures and Health, 67(7), 847–857. *https://doi.org/10.1093/annweh/wxad036*

Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R., Barjaktarevic, I. Z., Cooper, B. G., Hall, G. L., et al. (2019). Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 200(8), e70-e88. *https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST*

Halbach, J. H., Cala, J. M., Paik, S. Y., & Zalk, D. M. (2023). Control Banding and the Global Rise of Qualitative Risk Assessment Strategies. Current Environmental Health Reports, 10(4), 410-416. *https://doi.org/10.1007/s40572-023-00416-5*

Hashimoto, H., Yamada, K., Hori, H., Kumagai, S., Murata, M., Nagoya, T., et al. (2017). Guidelines for personal exposure monitoring of chemicals: Part I. Journal of Occupational Health, 59(5), 367–373. *https://doi.org/https://doi.org/10.1539/joh.17-0202-RA*

Health and Safety Executive [HSE]. (s. f.). Silica dust. Available from: *https://www.hse.gov.uk/stonemasonry/silica-dust.htm*

Health and Safety Executive [HSE]. (2021). Control of exposure to silica dust: A guide for employees. Available from: *https://www.hse.gov.uk/pubns/indg463.pdf*

Hoy, R. F., & Chambers, D. C. (2020). Silica-related diseases in the modern world. Allergy, 75(11), 2805-2817. *https://doi.org/10.1111/all.14202*

INSST - Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de España. (2022). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto—Año 2022. Disponible en: *https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-para-la-evaluacion-y-prevencion-de-los-riesgos-relacionados-con-la-exposicion-al-amianto-ano-2022*

International Agency for Research on Cancer [IARC]. (2012). Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 100(Pt C), 11-465. Available from: *https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Arsenic-Metals-Fibres-And-Dusts-2012*

International Agency for Research on Cancer [IARC]. (2025). Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–138. Available from: *https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/*

Iversen, I. B., Vestergaard, J. M., Ohlander, J., Peters, S., Bendstrup, E., Bonde, J. P. E., et al. (2024). The asbestos–asbestosis exposure–response relationship: a cohort study of the general working population. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 50(5), 372–379. *https://doi.org/10.5271/sjweh.4153*

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec] (2012). Guía Técnica Colombiana 45 (GTC45). Disponible en: *https://posipedia.com.co/wp-content/uploads/2021/04/15-MARZO-.-MATERIAL-DE-APOYO-PREVENCIO%CC%81N-DE-PELIGROS-EN-EL-ADMINISTRACIO%CC%81N-PUBLICA-GENERALIDADES.pdf*

Jain, M., Crites, M. K., Rich, P., & Bajantri, B. (2024). Malignant Pleural Mesothelioma: A Comprehensive Review. Journal of Clinical Medicine, 13(19), 5837. *https://doi.org/10.3390/jcm13195837*

Jamali, T. y Nafees, A. (2017). Validation of respiratory questionnaire for lung function assessment among an occupational group of textile workers in Pakistan. JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association, 67(2), 239-246. Available from: *https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28138178/*

Khatri, S. B., & Pennington, E. J. (Eds.). (2022). Lung Health and the Exposome: How Environmental Factors Influence Lung Health. Springer International Publishing. *https://doi.org/10.1007/978-3-030-90185-1*

Kitamura, Y., Zha, L., Liu, R., Shima, M., Nakaya, T., Kurumatani, N., et al. (2023). Association of mesothelioma deaths with neighborhood asbestos exposure due to a large-scale asbestos-cement plant. Cancer Science, 114(7), 2973–2985. *https://doi.org/10.1111/CAS.15802*

Kumari, J., Advani, M., & Purohit, G. (2023). Prevalence of pulmonary hypertension in chronic simple silicosis patients and its correlation with smoking history, occupation type, age and duration of silica exposure. Monaldi Archives for Chest Disease. *https://doi.org/10.4081/monaldi.2023.2719*

Krabbe, J., Steffens, K. M., Drießen, S., & Kraus, T. (2024). Lung cancer risk and occupational pulmonary fibrosis: Systematic review and meta-analysis. European Respiratory Review, 33(171), 230224. *https://doi.org/10.1183/16000617.0224-2023*

Kurihara, N., & Wada, O. (2004). Silicosis and Smoking Strongly Increase Lung Cancer Risk in Silica-Exposed Workers. INDUSTRIAL HEALTH, 42(3), 303-314. *https://doi.org/10.2486/indhealth.42.303*

Lewis, L. y Fishwick, D. (2013). Health surveillance for occupational respiratory disease. Occupational Medicine, 63(5), 322-334. *https://doi.org/10.1093/occmed/kqt048*

Li, T., Yang, X., Xu, H., & Liu, H. (2022). Early Identification, Accurate Diagnosis, and Treatment of Silicosis. Canadian Respiratory Journal, 2022, 1-6. *https://doi.org/10.1155/2022/3769134*

Liedel, N., Busch, K., & Lynch, J. (1977). Occupational exposure sampling strategy manual. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health. *https://doi.org/10.26616/NIOSHPUB77173*

Lewis, L. y Fishwick, D. (2013). Health surveillance for occupational respiratory disease. Occupational Medicine, 63(5), 322-334. *https://doi.org/10.1093/occmed/kqt048*

Lin, R., Chien, L., Jimba, M., Furuya, S. y Takahashi, K. (2019). Implementation of national policies for a total asbestos ban: A global comparison. Lancet Planet Health, 3(8), e341-e348. *https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31439315/*

Lin, C., Cheng, W., Liu, X., Li, H., & Song, Y. (2022). The global, regional, national burden of laryngeal cancer and its attributable risk factors (1990–2019) and predictions to 2035. European Journal of Cancer Care, 31(6). *https://doi.org/10.1111/ECC.13689*

Luberto, F., Ferrante, D., Silvestri, S., Angelini, A., Cuccaro, F., Nannavecchia, A. M., et al. (2019). Cumulative asbestos exposure and mortality from asbestos related diseases in a pooled analysis of 21 asbestos cement cohorts in Italy. Environmental Health: A Global Access Science Source, 18(1). *https://doi.org/10.1186/S12940-019-0510-6*

Lysaniuk, B., Cely-García, M. F., Mazzeo, A., Marsili, D., Pasetto, R., Comba, P. et al. (2020). Where are the landfilled zones? Use of historical geographic information and local spatial knowledge to determine the location of underground asbestos contamination in Sibaté (Colombia). Environmental Research, 191, Article 110182. *https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110182*

Lysaniuk, B., Cely-García, M. F., Giraldo, M., Larrahondo, J. M., Serrano-Calderón, L. M., Guerrero-Bernal, J. C., et al. (2021). Using gis to estimate population at risk because of residence proximity to asbestos processing facilities in Colombia. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(24). *https://doi.org/10.3390/IJERPH182413297*

Mandrioli, D., Schlünssen, V., Ádám, B., Cohen, R. A., Colosio, C., Chen, W., et al. (2018). WHO/ILO work-related burden of disease and injury: Protocol for systematic reviews of occupational exposure to dusts and/or fibres and of the effect of occupational exposure to dusts and/or fibres on pneumoconiosis. Environment International, 119, 174-185. *https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.06.005*

Mangone, L., Storchi, C., Pinto, C., Giorgi Rossi, P., Bisceglia, I., & Romanelli, A. (2022). Incidence of malignant mesothelioma and asbestos exposure in the Emilia-Romagna region, Italy. La Medicina del Lavoro, 113(5), e2022047. *https://doi.org/10.23749/mdl.v113i5.13312*

Marinaccio, A., Binazzi, A., Cauzillo, G., Cavone, D., Zotti, R. D., Ferrante, P., et al. (2007). Analysis of latency time and its determinants in asbestos related malignant mesothelioma cases of the Italian register. European Journal of Cancer, 43(18), 2722-2728. *https://doi.org/10.1016/j.ejca.2007.09.018*

Marques Da Silva, V., Benjdir, M., Montagne, P., Pairon, J.-C., Lanone, S., & Andujar, P. (2022). Pulmonary Toxicity of Silica Linked to Its Micro- or Nanometric Particle Size and Crystal Structure: A Review. Nanomaterials, 12(14). *https://doi.org/10.3390/nano12142392*

Metwally, E. M., Rivera, M. P., Durham, D. D., Lane, L., Perera, P., Lamb, D., et al. (2022). Lung Cancer Screening in Individuals With and Without Lung-Related Comorbidities. JAMA Network Open, 5(9), e2230146. *https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.30146*

Miao, C., Jia, P., Luo, C., Pang, J., Xiao, L., Zhang, T., Duan, J., Li, Y., & Sun, Z. (2024). The size-dependent in vivo toxicity of amorphous silica nanoparticles: A systematic review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 271. *https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115910*

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (s. f.). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Disponible en: *https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/reglamento-tecnico-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-basico-ras*

Ministerio del Trabajo. (2019). Resolución 0312 de 2019 "Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST". Disponible en: *https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019-+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf*

Ministerio del Trabajo. (2022). Resolución 2467 de 2022 "Por la cual se adopta el Reglamento de Higiene y Seguridad para la Prevención y el Control del Riesgo por Exposición a Sílice Cristalina Respirable". Colombia. Disponible en: *https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=126924*

Mukhopadhyay, D., Cocco, P., Orrù, S., Cherchi, R. y De Matteis, S. (2024). The role of MicroRNAs as early biomarkers of asbestos-related lung cancer: A systematic review and meta-analysis. Pulmonology. *https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2024.02.002*

Mulhausen, J. (2015). Establishing similar exposure groups. In AIHA (Ed.), A strategy forassessing and managing occupational exposures (4th ed., Vol. 1, pp. 37–50). AIHA.

National Institutes of Health (NIH) [NIH]. (2017). Exposición al asbesto y el riesgo de cáncer. Available from: *https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/asbesto/hoja-informativa-asbesto*

National Toxicology Program. (2021). 15th Report on Carcinogens. *https://doi.org/10.22427/ntp-other-1003*

Nowak, D., Schmalfeldt, B., Tannapfel, A., & Mahner, S. (2021). Asbestos Exposure and Ovarian Cancer – a Gynaecological Occupational Disease. Background, Mandatory Notification, Practical Approach. Geburtshilfe und Frauenheilkunde, 81(05), 555-561. *https://doi.org/10.1055/a-1361-1715*

Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2012). Asbestos (Standard No. 1926.1101). U.S. Department of Labor. Available from: *https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.1101*

Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2014). Asbestos. Available from: *https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3737.pdf*

Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2016a). Respirable crystalline silica. *https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1053*

Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2016b). Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica. Available from: *https://www.federalregister.gov/documents/2016/03/25/2016-04800/occupational-exposure-to-respirable-crystalline-silica*

Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (s. f.). 1910.1001 - Asbestos. *https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1001*

Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2024a). Small Entity Compliance Guide for the Respirable Crystalline Silica Standard for Construction. Available from: *https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3902.pdf*

Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2024b). Worker Exposure to Silica during Countertop Manufacturing, Finishing and Installation. Available from: *https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3768.pdf*

Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2006). International Chemical Control Toolkit. Programme on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork). *https://webapps.ilo.org/static/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/guide.pdf*

Ossa, J., Salgado, G. y Pérez, D. (2014). Aspectos importantes en la exposición al asbesto y su relación con enfermedades ocupacionales. Revista de Salud Pública, 16(3), 456-465.

Otte, N., Fraune, E., Cetiner, Y., Felten, M. K., Dirrichs, T., Krabbe, J., et al. (2024). Asbestos Surveillance Program Aachen (ASPA): Cancer mortality among asbestos exposed power industry workers. Lung Cancer, 195, Article 107899. *https://doi.org/10.1016/j.lungcan.2024.107899*

Park, S. H. (2018). Types and health hazards of fibrous materials used as asbestos substitutes. Safety and Health at Work, 9(3), 360-364. *https://doi.org/10.1016/j.shaw.2018.05.001*

Pfau, J. C., Serve, K. M., & Noonan, C. W. (2014). Autoimmunity and Asbestos Exposure. Autoimmune Diseases, 2014, 1–11. *https://doi.org/10.1155/2014/782045*

Presidencia de la República de Colombia. (2014). Decreto 1477 de 2014 "Por el cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales". Colombia. Disponible en: *https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=58849*

Presidencia de la República de Colombia. (2015) Decreto 1072 de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo". Colombia. Disponible en: *https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173*

Radnoff, D., Todor, M., Beach, J. (2015). Exposure to Crystalline Silica at Alberta Work Sites: Review of Controls. Journal of occupational and environmental hygiene. 12. *https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1009987*

Quanjer, P. H., Stanojevic, S., Cole, T. J., Baur, X., Hall, G. L., Culver, B. H., et al. (2012). Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: The global lung function 2012 equations. European Respiratory Journal, 40(6), 1324-1343. *https://doi.org/10.1183/09031936.00080312*

Ramada Rodilla, J. M., Calvo Cerrada, B., Serra Pujadas, C., Delclos, G. L., & Benavides, F. G. (2022). Fiber burden and asbestos-related diseases: An umbrella review. Gaceta Sanitaria, 36(2), 173-183. *https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.04.001*

Ramos-Bonilla, J. P., Cely-García, M. F., Giraldo, M., Comba, P., Terracini, B., et al. (2019). An asbestos contaminated town in the vicinity of an asbestos-cement facility: The case study of Sibaté, Colombia. Environmental Research, 176, Article 108464. *https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.04.031*

Ray-Coquard, I., Morice, P., Lorusso, D., Prat, J., Oaknin, A., Pautier, P., Colombo, N. y ESMO Guidelines Committee. (2018). Non-epithelial ovarian cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. Annals of Oncology: Official Journal of the European Society for Medical Oncology, 29(4), iv1-iv18. *https://doi.org/10.1093/annonc/mdy001*

Requena-Mullor, M., Alarcón-Rodríguez, R., Parrón-Carreño, T., Martínez-López, J. J., Lozano-Paniagua, D., & Hernández, A. F. (2021). Association between Crystalline Silica Dust Exposure and Silicosis Development in Artificial Stone Workers. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(11), 5625. *https://doi.org/10.3390/ijerph18115625*

Rey-Brandariz, J., Martínez Candal-Pedreira C. Pérez-Ríos M. Varela-Lema L., C., & Ruano-Ravina, A. (2023). Occupational exposure to respirable crystalline silica and lung cancer: a systematic review of cut-off points. Environmental Health: A Global Access Science Source, 22(1). *https://doi.org/10.1186/S12940-023-01036-0/TABLES/4*

Rudd, R., & Jones, R. N. (2025). Asbestos and lung cancer. Thorax, 52(3), 73–91. *https://doi.org/10.1016/B978-0-443-30120-9.00005-2*

Schlünssen, V., Mandrioli, D., Pega, F., Momen Ádám B., N. C., Chen, W., Cohen, R. A., et al. (2023). The prevalences and levels of occupational exposure to dusts and/or fibres (silica, asbestos and coal): A systematic review and metaanalysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. Environment International, 178. *https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2023.107980*

Seyyedsalehi, M. S., & Boffetta, P. (2024). Occupational asbestos exposure and risk of esophageal cancer: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Cancer, 154(11), 1920-1929. *https://doi.org/10.1002/ijc.34881*

Stanojevic, S., Kaminsky, D. A., Miller, M. R., Thompson, B., Aliverti, A., Barjaktarevic, I., et al. (2022). ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. European Respiratory Journal, 60(1), 2101499. *https://doi.org/10.1183/13993003.01499-2021*

Štěpánek, L., Nakládalová, M., Janošíková, M., Štěpánek, L., & Boriková, A. (2025). Cumulative asbestos exposure as a key predictor of long-term pleuropulmonary outcomes: insights from decades of follow-up. International Archives of Occupational and Environmental Health, 98(6), 497–505. *https://doi.org/10.1007/S00420-025-02143-W/FIGURES/2*

Solís, R. (2006). Riesgos en la salud de los trabajadores de la construcción. Ingeniería, 10(2), 67-74. Available from: *https://www.redalyc.org/pdf/467/46710207.pdf*

The National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. (1997). Engineering control guidelines for hot mix asphalt pavers. Centers for Disease Control and Prevention. *https://doi.org/10.26616/NIOSHPUB97105*

The National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2002). Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica. Available from: *https://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-129/pdfs/2002-129.pdf?id=10.26616/NIOSHPUB2002129*

The National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2019). El proceso de bandas de exposición ocupacional de NIOSH para la gestión de riesgos químicos. Por Lentz TJ, Seaton M, Rane P, Gilbert SJ, McKernan LT, Whittaker C. Cincinnati, OH: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, DHHS (NIOSH), Publicación n.° 2019-132. *https://doi.org/10.26616/NIOSHPUB2019132*

The National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2024a). Silica and worker health. Available from: *https://www.cdc.gov/niosh/silica/about/index.html*

The National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2024b). Study Syllabus for Classification of Radiographs of Pneumoconioses. Available from: *https://www.cdc.gov/niosh/media/pdfs/2024/12/BReaderSyllabus_20241202.pdf*

US Environmental Protection Agency. (s. f.). Asbestos. Available from: *https://www.epa.gov/asbestos*

Tossavainen, A. (1997). Asbestos, asbestosis, and cancer: The Helsinki criteria for diagnosis and attribution. Scandinavi. Revista de Trabajo, Medio Ambiente y Salud, 23(4), 311-316. *https://doi.org/10.5271/sjweh.226*

Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Cancerología. (2021). Recomendaciones panel de expertos. Guía de práctica clínica para la cesación tabáquica. Disponible en: *https://www.cancer.gov.co/recursos_user/Gu%C3%ADas-y-Protocolos/RecomendacionesGPC_Cesaci%C3%B3n_Tab%C3%A1quica.pdf*

Valdelamar, D., Saba, M. y Torres, L. (2024). Assessment of asbestos-cement roof distribution and prioritized intervention approaches through hyperspectral imaging. Heliyon, 10(3), Article e25612. *https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25612*

Wahrendorf, M., Chandola, T. y Descatha, A. (Eds.). (2023). Handbook of Life Course Occupational Health. Springer International Publishing. *https://doi.org/10.1007/978-3-031-30492-7*

Woodson, RD. (2012). Chapter 9 - EPA Requirements and Recommendations, Construction Hazardous Materials Compliance Guide, Butterworth-Heinemann. Pages 145-234. *https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415841-2.00038-6.*

WorkSafe. (2016). Management and removal of asbestos. Available from: *https://www.worksafe.govt.nz/topic-and-industry/asbestos/management-and-removal-of-asbestos/#lf-doc-28765*

Zalk, D., Paik, S., & Chase, W. (2019). A Quantitative Validation of the Control Banding Nanotool. Annals of Work Exposures and Health, 63(8), 898-917.

Zapata, J. y Pardo, E. (2022). Distrito publica Guía para manejo de asbesto en Colombia. Holland & Knight. Available from: *https://www.hklaw.com/en/insights/publications/2022/10/distrito-publica-guia-para-manejo-de-asbesto-en-colombia*

GUÍA DE PRÁCTICAS LABORALES

PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A SÍLICE Y ASBESTO

CCS
Consejo Colombiano de Seguridad

Instituto Nacional de Salud

Universidad del Rosario

Universidad Nacional de Colombia