

08-027

Exposure to crystalline silica at construction: a new and emerging risk

Cristina González Gaya¹; José Luis Fuentes Bagues²; Francisco Brocal Fernandez³; Alberto Sánchez Lite⁴

¹UNED; ²Universitat Politècnica de València; ³Universidad Alicante; ⁴Universidad de Valladolid

Crystalline silica (crystallized silicon dioxide: SiO₂) is a chemical agent found in the form of quartz and / or cristobalite in many materials used in the construction sector. When materials containing crystalline silica are subjected during the construction process to processes such as cutting, polishing or like, they give off fine dust particles between which the crystalline silica is found. This fraction is called Respirable Crystalline Silica (RCS) and exposure of workers to this RCS can lead to respiratory diseases such as silicosis, tuberculosis, chronic obstructive pulmonary disease and even lung cancer.

The appearance of this chemical compound in construction materials poses a new risk to the health and safety of workers or increases existing risks, assuming an increase in exposure or severity of effects on workers. These risks are called new and emerging risks.

The objective of this communication is the realization of an identification of materials used in construction that can release respirable crystalline silica and characterize in each case the new and emerging risk

Keywords: Crystalline silica; New and Emerging Risk; Construction; Materials

La exposición a sílice cristalina en construcción: un riesgo nuevo y emergente

La sílice cristalina es un agente químico que se encuentra principalmente en forma de cuarzo y cristobalita en muchos materiales utilizados en el sector de construcción. Cuando dichos materiales son sometidos durante el proceso de construcción a tareas que implican su disgregación en forma de polvo, tales como corte, pulido y similares, se libera al ambiente de trabajo sílice cristalina respirable (RCS: Respirable Crystalline Silica), es decir, la sílice cristalina presente en la fracción respirable del polvo liberado. La exposición de los trabajadores a esta RCS puede generar enfermedades respiratorias como la silicosis, tuberculosis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) e incluso cáncer. Su presencia en nuevos materiales de construcción genera nuevas fuentes de riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. Además, la utilización creciente de nuevos materiales junto con otros de carácter tradicional que también liberan RCS, supone un aumento de la probabilidad de exposición a dicho agente químico. Dichos factores configuran lo que se denominan riesgos nuevos y emergentes.

El objetivo de esta comunicación es la identificación y análisis de materiales empleados en el sector de la construcción que durante su manipulación puedan liberar RCS y, caracterizar en cada caso, el correspondiente riesgo nuevo y emergente.

Palabras clave: Sílice cristalina; Riesgo Nuevo y Emergente; Construcción; Materiales

Correspondencia: Cristina González Gaya cgonzalez@ind.uned.es

Agradecimientos: Esta comunicación se engloba dentro del proyecto DPI2016-79824-R con título Análisis y Evaluación Tecnológica de requisitos para el diseño de un Sistema Normalizado de Gestión de Riesgos Nuevos y Emergentes aprobado por el Ministerio de Economía, Industri



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

1. Introducción

La sílice cristalina (dióxido de silicio cristalizado: SiO_2) es un agente químico que se encuentra principalmente en forma de cuarzo, cristobalita y tridimita. Se trata de un material duro, químicamente inerte y con un alto punto de fusión, lo que le permite tener diversos e importantes usos en muchos procesos industriales (IMA-Europe, 2014).

La forma más común de sílice cristalina es el cuarzo. Se trata del segundo mineral en la superficie de la tierra, encontrándose en casi todos los tipos de rocas (ígneas, metamórficas y sedimentarias), por lo que está presente en casi todas las operaciones mineras y en las operaciones industriales derivadas.

La cristobalita y la tridimita son escasas en la naturaleza, encontrándose en algunas rocas volcánicas, si bien la cristobalita puede formarse cuando el cuarzo se calienta a altas temperaturas (a partir de 450 °C), por lo que existe una posibilidad de exposición en entornos laborales.

La sílice cristalina se encuentra en forma de polvo, piedras, rocas, arenas, etc., es decir productos básicos de construcción, pero también forma parte de otros elementos tales como ladrillos, hormigones o composites. En la Tabla 1 se muestra la concentración de sílice cristalina en materiales muy comunes usados en construcción.

Tabla 1: Porcentaje de Sílice Cristalina en Materiales comunes de Construcción. Fuente: European Commission 2016

Compuestos que contienen sílice, por ejemplo piedra manufacturada	Hasta o superior al 90%
Areniscas, cuarcitas, piedras.	Más del 70%
Hormigón, mortero	25 al 70%
Esquistos	40 al 60%
Porcelanas	Hasta el 50%
Azulejos	30 al 45%
Pizarras	Hasta el 40%
Granitos	Hasta el 30%
Ladrillos	Hasta el 30%
Mineral de hierro	Hasta el 15%
Basalto, dolerita	Hasta el 5%

Cuando los materiales de construcción que contienen sílice cristalina son sometidos durante el proceso constructivo a tareas que implican su disgregación en forma de polvo, tales como corte, pulido y similares, se libera al ambiente de trabajo sílice cristalina respirable (RCS: Respirable Crystalline Silica), es decir, la sílice cristalina presente en la fracción respirable del polvo liberado. Este polvo inhalado se deposita en los pulmones y una exposición continuada de los trabajadores puede generar enfermedades respiratorias como:

- Silicosis.
- Silico-tuberculosis
- Cáncer de Pulmón
- Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)

La silicosis es una enfermedad respiratoria grave, progresiva e irreversible, que se caracteriza por la formación de fibrosis en los pulmones a consecuencia de la sedimentación de sílice en los alveolos pulmonares. La silicosis se considera enfermedad profesional y no existen tratamientos curativos efectivos para la enfermedad, siendo la prevención primaria la principal arma contra la silicosis, es decir la eliminación o reducción de la exposición del trabajador.

Existen estudios epidemiológicos que indican que el número de trabajadores que desarrollan silicosis como consecuencia de una exposición laboral son más propensos a padecer cáncer de pulmón (Steenland y Stayner 1997; Goldsmith, Ruble y Klein, 1995; Finkelstein, 2000), si bien no hay una relación clara (aunque sí indicios) que los trabajadores expuestos a la sílice cristalina, sin haber desarrollado una silicosis, tengan más probabilidades de desarrollar un cáncer de pulmón que trabajadores no expuestos. Estos estudios generaron que la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer, IARC) determinara que la sílice cristalina inhalada en forma de cuarzo o cristobalita de ambientes laborales sea considerado como un agente cancerígeno para humanos del tipo 1 (IARC, 1997).

Los riesgos asociados con el RCS se incrementan con la cantidad y duración de la exposición, por eso en el año 2007, la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) bajó el límite de exposición a valores ambientales de sílice cristalina durante 8 horas de 0,05 a 0,025 mg/m³. En Europa, el Comité Científico de Valores Límites Ocupacionales recomendó que la exposición a RCS debería ser inferior a 0,05 mg/m³ durante un período de ocho horas. El aumento de las consecuencias sobre los trabajadores y recientes estudios que demuestran una exposición mayor a RCS que los valores límites (Si et al., 2016; Hammond, Shulman y Echt, 2016) han hecho que probablemente se incluya el RCS como agente cancerígeno en la próxima revisión de la Directiva Europea 2004/37/EC sobre protección de los trabajadores a agentes cancerígenos y mutágenos en el trabajo (Scarselli et al., 2014).

La exposición a RCS se ha asociado tradicionalmente a trabajos de extracción de minerales, canteras y asociados a empresas de piedra natural, de hecho en España existe una Instrucción Técnica Complementaria para la Protección de los Trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en la industrias extractivas (España, 2007).

Referente a tareas que se desarrollan en edificación o construcción de una infraestructura, *Beaudry et al.* en 2013 desarrollaron una base de datos de exposición ocupacional a RCS. Esta base de datos fue construida tomando como fuente múltiples fuentes de datos de exposiciones y en un análisis de las muestras de exposiciones han identificado las siguientes tareas como las que mayor exposición a RCS presentan como término medio: limpiezas abrasivas, cortado de piedras naturales, cortado de hormigón, perforaciones y cortes de techo.

En esta base de datos se muestra como muchos de los datos recogidos superan los valores límites establecidos para la exposición diaria a RCS. *Yeheyis et al.* (2012) demuestran la importancia de la utilización de controles de ingeniería y equipos de protección personal para disminuir la probabilidad de sufrir un cáncer como consecuencia de la exposición a RCS.

2. Objetivo

El objetivo de esta comunicación es la caracterización inicial de la exposición a RCS como NER durante diversas tareas y trabajos desarrollados en obras de construcción. Para ello se analizará dicha exposición mediante los modelos propuestos por Brocal y Sebastián (2015a y 2015b). Con los resultados obtenidos se llevará a cabo una clasificación inicial de materiales y actividades generadoras de RCS. Complementariamente, se propondrá un conjunto de medidas preventivas de aplicación general.

3. Metodología

Se define como riesgo Nuevo y Emergente (New and Emergent Risk, NER) a cualquier riesgo nuevo que va en aumento (Flaspöler, Reinert y Brun, 2005; Brun et al. 2007), entendiéndose como nuevo:

- C1: El riesgo no existía anteriormente y está causado por nuevos procesos, tecnologías o tipos de lugar de trabajo, o por cambios sociales u organizativos.
- C2: Se trata de un problema persistente que pasa a considerarse como un riesgo debido a un cambio en las percepciones sociales o públicas.
- C3: Un nuevo conocimiento científico da lugar a que una cuestión no novedosa se identifique como un riesgo.

Se considera que el riesgo va en aumento cuando:

- C4: Aumenta el número de factores de peligro que dan lugar al mismo.
- C5: La exposición al factor de peligro que da lugar al riesgo aumenta (nivel de exposición y número de personas expuestas).
- C6: El efecto del factor de peligro sobre la salud de los trabajadores empeora (gravedad de los efectos sobre la salud y número de personas afectadas).

Los organismos internacionales y nacionales en seguridad laboral han determinado la importancia y la necesidad de investigación sobre los NER y su inclusión en los nuevos modelos de prevención (Rial-González et al. 2005; Achter y Degrand-Guillaud, 2006; Savolainen y Sas 2006; OIT 2010; EU-OSHA, 2013). En España, uno de los objetivos que contempla la Estrategia Española de Seguridad y Salud Laboral en el período 2007-2012 es la investigación, desarrollo e innovación orientada hacia el conocimiento de riesgos laborales nuevos y emergentes, su anticipación y su prevención (INSHT 2007).

Estas iniciativas gubernamentales han propiciado el desarrollo de muchas investigaciones en el campo de los NER, como los trabajos de Bartolomé et al. (2007) sobre riesgos psicosociales emergentes en el trabajo y de Brocal y Sebastián (2015a y 2015b) que desarrolló una metodología para la identificación de NER en los procesos avanzados de fabricación industrial. La metodología desarrollada por Brocal y Sebastián se basa en las siguientes definiciones que completan la definición de NER.

Definición 1. Definición de NER: Dado el conjunto N de las condiciones que definen un riesgo nuevo y con la codificación realizada por Brocal y Sebastián ($N = \{C1, C2, C3\}$) y A el conjunto de las condiciones que definen un riesgo en aumento ($A = \{C4, C5, C6\}$), el producto cartesiano de los conjuntos N y A será igual al conjunto de todos los pares ordenados (n, a) que se pueden formar con las condiciones que cumplen con la definición de NER, pudiéndose expresar según (1):

$$N \times A = \{(n, a): n \in N, a \in A\} \quad (1)$$

Definición 2. Modelo de riesgo: un riesgo (R) es una estructura formada por cinco componentes, siendo: la fuente del riesgo (FR), las causas (C), los sucesos (S), las consecuencias (CO) y la probabilidad (P); pudiéndose expresar el conjunto según (2):

$$R = (FR, C, S, CO, P) \quad (2)$$

Los componentes de riesgo se pueden definir del siguiente modo:

- Fuente del riesgo (FR): peligro que da lugar a una fuente de daño potencial; pudiendo ser la fuente: materiales, equipos, métodos o prácticas de trabajo. Y se entenderá como daño: el daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de éstos, que además de poder recaer sobre alguien, también podrá hacerlo sobre algo.

- Causa (C): acto o condición responsable de una acción o resultado. O los hechos que informan sobre por qué ocurren o pueden ocurrir, tanto los accidentes como los incidentes.
- Suceso (S): ocurrencia o cambio de un conjunto particular de circunstancias laborales que originan o pueden originar daños personales, a través accidentes de trabajo, incidentes y exposiciones a situaciones adversas.
- Consecuencias (CO): daños personales: lesiones por accidentes de trabajo; enfermedades profesionales; fatiga; insatisfacción, estrés; patologías inespecíficas. Y las consecuencias derivadas de un incidente: resultado de cualquier suceso no esperado ni deseado que puede ocasionar daños a la propiedad, equipos, productos o al medio ambiente, pérdidas de producción o aumento de las responsabilidades legales.
- Probabilidad (P): indica la posibilidad de que algún hecho se produzca, que esta posibilidad está definida, medida o determinada objetiva o subjetivamente, cualitativa o cuantitativamente, y descrita utilizando términos generales o de forma matemática (tales como probabilidad o una frecuencia sobre un periodo de tiempo dado).

Así, siendo R el conjunto de componentes que configuran el riesgo (FR, C, S, CO, P), y siendo C el conjunto de condiciones que definen un NER (C1, C2, C3, C4, C5, C6), el producto cartesiano de los conjuntos R y C será igual al conjunto de todos los pares ordenados (r, c) que se pueden formar relacionando los componentes del riesgo y las condiciones, pudiéndose expresar según (3):

$$R \times C = \{(r, c): r \in R, c \in C\} \quad (3)$$

De todos los pares ordenados algebraicamente posibles (3), solo interesarán aquellos subconjuntos compatibles entre sí en el marco de la definición de NER, según se muestra en la Tabla 2. De este modo, siendo N ($N \subset R \times C$) el subconjunto de todos los pares ordenados que cumplen las condiciones que pueden definir un riesgo nuevo: $N = \{(FR, C1), (FR, C2), (FR, C3), (C, C1), (C, C2), (C, C3), (S, C2), (S, C3), (CO, C2), (CO, C3)\}$ y siendo A ($A \subset R \times C$) el subconjunto de todos los pares ordenados que cumplen las condiciones que pueden definir un riesgo que va en aumento: $A = \{(FR, C4), (CO, C6), (P, C5)\}$.

Tabla 2. Relaciones entre los componentes del riesgo y las condiciones (Ci) que definen un NER. Fuente: Brocal y Sebastián, 2015a y 2015b

COMPONENTES DEL RIESGO	CONDICIONES QUE DEFINEN UN NER					
	NUEVO (N)			EMERGENTE (E)		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Fuente del Riesgo (FR)	X	X	X	X	-	-
Causa (C)	X	X	X	-	-	-
Suceso (S)	-	X	X	-	-	-
Consecuencias (Co)	-	X	X	-	-	X
Probabilidad (P)	-	-	-	-	X	-

Definición 3. Modelo de NER: un determinado riesgo laboral (R) pertenecerá al conjunto de los NER si y solo si, sus componentes configuran al menos un par ordenado (r, c) perteneciente al subconjunto de condiciones que pueden definir un riesgo nuevo (N) y al menos otro par ordenado (r, c) relativo al subconjunto de condiciones que pueden definir un riesgo en aumento (A), lo cual puede expresarse según (4):

$$R \in \text{NER} \text{ si } \exists (r, c) \in N \text{ y } \exists (r, c) \in A \quad (4)$$

A partir de la definición y del modelo de NER, y como trabajo previo a una caracterización más exhaustiva de los materiales que contienen RCS y que están presentes en construcción se procede a realizar una caracterización inicial de la exposición a RCS como riesgo nuevo y emergente. Posteriormente se procede a una identificación de los materiales que contienen RCS, a una identificación de las actividades generadoras de RCS y a la identificación de medidas de protección de los trabajadores contra la RCS:

4. Resultados

La exposición a RCS no es nueva en el sector construcción y afines, porque se considera que es la causa de la silicosis, catalogada como enfermedad profesional desde hace tiempo (IARC, 1997), pero sí que se deben considerar ciertos aspectos que nos permiten considerarla como un NER.

En primer lugar hay una nueva percepción social y pública sobre el riesgo de la RCS, prueba de ello es que se está considerando su inclusión en la Directiva Europea como agente cancerígeno en la próxima revisión de la misma (Scarselli et al., 2014) y el gran número de notas técnicas y publicaciones realizadas por la Comisión Europea y las Agencias de Seguridad Laboral de los diferentes países (OIT, 2010; IOSH, 2015; HSE, 2017). Es decir se considera un riesgo nuevo tipo C2, el cual afecta al componente del riesgo “Fuentes de Riesgo”, ya que existen un mayor número de actividades y tareas desarrolladas en una obra que utilizan materiales con sílice cristalina (Scarselli et al., 2014; HSE, 2017). Afecta también al componente “Causa” porque se siguen sin utilizar equipos con sistemas de extracción localizada o sistemas húmedos, y al componente Consecuencias (CO) porque hay estudios que demuestran una relación entre el desarrollo de cáncer de pulmón en enfermos que padecen silicosis (Yeheyis et al., 2012, Si et al., 2016).

Por otro lado también se considera un riesgo que va en aumento (o emergente), dado que el aumento de actividades de construcción donde se utilizan materiales que en su composición tienen sílice cristalina es mayor, es decir el número de personas expuestas al factor de peligro aumenta (C5), por lo se afecta al componente de riesgo Probabilidad. En la Tabla 3 se resume la caracterización inicial del NER que se desarrollará con más profundidad en trabajos sucesivos conforme se estudien los materiales que contienen sílice cristalina (en especial los nuevos materiales) y su aplicación en el proceso constructivo.

Tabla 3: Caracterización Inicial de la exposición a RCS como NER

DESCRIPCIÓN					
Exposición a sílice cristalina durante diversas tareas y trabajos desarrollados en obras de construcción					
Fuente de Riesgo (FR)	Causas (C)	Sucesos (S)	Consecuencias (CO)	Probabilidad (P)	
Nuevos materiales que contienen sílice cristalina	No se utilizan sistemas de extracción localizada o sistemas húmedos en los equipos y herramientas. No se utilizan equipos de protección individual.	Enfermedades y otras lesiones	Problemas respiratorios, silicosis, silico-tuberculosis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer de pulmón.	Aumento del número de	trabajadores expuestos

4.1. Identificación inicial de Materiales

De la descripción realizada en el apartado de Introducción sobre la sílice cristalina y tal y como se desprende de la Tabla 1, la presencia de este material es muy común en muchos materiales de construcción, tanto a granel como materiales tradicionales (mármoles, granitos, etc.) como otros materiales más novedosos o de mayor utilización en la actualidad como composites, porcelánicos, morteros o fibras. En la Tabla 4 se presenta un listado no exhaustivo de materiales donde en mayor o menor proporción existe sílice cristalina y en los trabajos de manipulación en obra se puede desprender una fracción de RCS con la consecuente exposición a los trabajadores.

Tabla 4: Identificación no exhaustiva de materiales que contienen RCS

Material	Aplicación	Material	Aplicación
Cemento	Hormigones y Morteros	Arenas	Hormigones y Morteros Rellenos en zanjas de instalaciones
Gravas	Hormigones y Morteros Rellenos de subbases (soleras, pavimentos, etc.) Rellenos en zanjas de instalaciones	Zahorras	Rellenos de subbases (soleras, pavimentos, etc.)
Mármol	Suelos Alicatados Encimeras	Granito	Suelos Alicatados Encimeras
Baldosas Cerámicas	Suelos Alicatados Fachadas	Ladrillos y/o Materiales cerámicos	Albañilería: tabiquería interior y exterior Tejas Elementos de entrevigado de forjados
Morteros y/o preparados	Morteros cola para alicatados y solados Mezclas de cuarzo-corindón-cemento para capas de rodadura de pavimentos Morteros de rejuntado de tabiquería de cartón-yeso	Fibras Minerales	Ignifugación de estructuras metálicas Proyección de aislamientos acústicos y/o térmicos

4.2. Identificación inicial de actividades generadoras de RCS

Dada la gran variedad de tipología de obras y de tareas que se pueden desarrollar en ellas, así como la cantidad de materiales que contienen cuarzo, resulta complejo la elaboración de una lista exhaustiva, por lo que a continuación se definen las principales tareas con objeto de identificar la cantidad de tareas con exposición a la RCS en la construcción actual.

a) Corte de bordillos de hormigón, bloques y pavimentos con una sierra de corte

Esta operación se realiza tanto en obras de edificación como en obra civil. Se realiza el ajuste de piezas a las realidades físicas del punto de colocación. La sierra de corte normalmente que se utiliza realiza el corte en seco y se libera gran cantidad de polvo, conteniendo partículas de cuarzo.

b) Corte sobre hormigón

La apertura de huecos o ajustes sobre estructuras o paramentos de hormigón puede generar gran cantidad de polvo. Cada vez es más usual el uso de sierras con agua que permiten la eliminación del polvo y la refrigeración del elemento de corte, pero para huecos de menor entidad o empresas con menos tecnología todavía se realiza con sierras de corte en seco.

- c) Apertura de rozas sobre paramentos cerámicos, mortero, etc.

La apertura de rozas para el paso de instalaciones sobre paramentos, principalmente en edificación se realiza desde hace unos años con medios mecánicos, incluso con empresas especializadas en este tipo de trabajo. Estos equipos llevan un sistema de extracción localizado (Figura 1) para evitar la emisión de polvo al ambiente, ya que en la mayoría de ocasiones las tareas se realizan en recintos cerrados.

Figura 1: Rozadora Hitachi con sistema de extracción localizado. Fuente: www.rotopino.es



- d) Corte de revestimientos con sierra de corte

Los trabajos de ajuste de revestimientos (tejas, solados, alicatados, etc.) son uno de los trabajos más habituales en una obra de construcción. Normalmente se realizan con sierras de corte o amoladoras (para pequeños ajustes) sin extracción localizada, por lo que la exposición al polvo de los trabajadores es alta.

- e) Pulido de suelos

El pulido de suelos de hormigón, granito, mármol o terrazo es una de las tareas complementarias a su colocación. Normalmente se realiza con máquinas que utilizan agua para refrigeración de la máquina y para facilitar el proceso de pulido, pero existen trabajos o aspectos puntuales que se realizan en seco.

- f) Demolición o picado mediante martillo eléctrico y/o neumático

Estos trabajos se realizan con máquinas eléctricas o de aire comprimido y liberan gran cantidad de polvo. En espacios exteriores se dispersa la concentración de éste pero no ocurre así en espacios cerrados. No es muy habitual el uso de equipos con extracción localizada.

- g) Taladrado sobre paredes, techos y pisos

El taladrado sobre los diversos paramentos para el montaje de instalaciones o elementos auxiliares se realiza en seco y en la mayoría de ocasiones estos equipos de mano no disponen de sistemas de extracción localizada.

- h) Extracción de probetas en materiales

La extracción de probetas o testigos en materiales tales como hormigón, granito, etc., normalmente se realiza con taladros y coronas refrigeradas con agua que limitan la cantidad de polvo emitido al ambiente pero determinadas extracciones de testigos o trabajos similares se realizan seco y sin el correspondiente elemento de extracción localizada.

- i) Corte de elementos cerámicos con sierra de corte

Es habitual en obras de edificación, en trabajos de fachadas de ladrillos cara vista o revestimiento con elementos cerámicos, el uso de sierras de corte en bancos de

trabajo donde se ajustan los elementos a la realidad física del paramento. Lo habitual en este tipo de sierras es que el corte se realice con agua, refrigerando tanto al elemento de corte como limitando la emisión de polvo.

j) Lijado de pared

El lijado de superficies revestidas de yeso o el lijado de juntas de tabiquerías de cartón-yeso se realiza cada vez más con medios mecánicos. A estas herramientas se les dota de un sistema de extracción localizado con objeto de reducir la cantidad de polvo emitido al ambiente.

k) Limpieza de superficies y en general

La limpieza de superficies mediante granallado de arena o la limpieza en general (en especial esta última), en especial la segunda, son actividades muy habituales en obras de construcción o de mantenimiento, que producen o generan el movimiento de polvo en el ambiente y sobre las cuales es difícil la aplicación de medidas de protección sobre los equipos debiendo recurrir casi en exclusividad a los equipos de protección individual.

4.3. Medidas de protección contra la RCS

El primer principio de cualquier acción preventiva es la eliminación y sustitución por otros materiales. Para un componente tan presente en muchos materiales se plantea una solución compleja si bien se pueden iniciar vías que parcialmente pueden reducir la exposición a RCS tales como:

- Reducir las operaciones de corte y preparación en obra, realizando el mayor número de tareas de mecanizado y ajuste de piezas en talleres con la maquinaria adecuada.
- Sustituir materiales con alto contenido de cuarzo por materiales de bajo contenido de cuarzo.
- En trabajos de granallado, sustituir los materiales con sílice cristalina por otros como óxido de aluminio, carburo de silicio, arena de acero, etc.

Para aquellos materiales o fracciones que no se pueden sustituir o eliminar completamente, se debe potenciar la utilización de medios técnicos para controlar la exposición a RCS. Entre ellos se encuentra la eliminación por agua y los sistemas de extracción localizados en las herramientas o equipos (Scarselli et al., 2014; HSE, 2017)

La eliminación por agua permite amortiguar las nubes de polvo. El agua se dirige hacia el punto de corte de la herramienta a través de la cubierta. El flujo de agua se controla de acuerdo a las instrucciones del fabricante y del tipo de tareas, siendo necesario aproximadamente un caudal de 0,5 litros/minutos para optimizar la supresión de polvo (Figura 2). Estos sistemas constan de:

- Una fuente o tanque con bomba para el suministro de agua
- Una manguera flexible resistente
- Una válvula para el control/ajuste del flujo de agua
- Una conexión a la herramienta

Los sistemas de extracción de polvo localizados eliminan el polvo a medida que se produce. Estos sistemas constan de un punto de toma, una conducción y una unidad de extracción. Los puntos de toma son la parte más importante del sistema de extracción localizada (Figura 3), pudiendo fabricarse conjuntamente con la herramienta o adaptarse. El grado de ajuste a la herramienta del punto de toma determina el grado de efectividad del sistema de extracción.

Figura 2: Ejemplo de supresión por agua en una radial. Fuente: HSE



Figura 3: Punto de toma de sistema de extracción para una amoladora. Fuente: HSE



Otro eslabón de las acciones preventivas son los equipos de protección individual. Estas protecciones son el último nivel de acción y existen muchos tipos de filtros en el mercado, desde filtros tipo casco que cubren a cabeza entera, hasta mascarillas nariz-boca reutilizables y mascarillas nariz-boca desechables. La efectividad de los elementos de protección dependerá del tipo de filtro y en el caso de RCS, deberían considerarse como complemento de los equipos de captación de polvo asociados a las herramientas. No hay que olvidar (por su importancia y en muchas ocasiones su efectividad) dentro de las acciones preventivas la información a los trabajadores sobre los riesgos consecuencia de la exposición a RCS (INSHT, 2007; HSE, 2017), la formación en procedimientos de trabajo y uso de maquinaria y los controles, tanto de vigilancia de la salud (con cuestionarios específicos respecto de RCS en aquellas tareas o trabajadores expuestos) como organizativos por parte de la empresa respecto a la limitación de los tiempos de exposición y control de los valores límites diarios.

5. Conclusiones

La sílice cristalina está presente en muchos materiales de construcción, tanto en materiales tradicionales como en materiales de nuevo desarrollo. La exposición continuada a RCS puede desarrollar una enfermedad profesional denominada silicosis y el número de casos que posteriormente han derivado en cáncer de pulmón ha aumentado en los últimos años. Este cambio de percepción de la RCS como agente cancerígeno junto con el número de materiales que presentan en su composición sílice cristalina en sus diferentes formas, el consecuente número de trabajadores expuestos y el uso de equipos y herramientas sin los sistemas de extracción pertinente permite caracterizar la exposición a RCS como un NER.

6. Referencias

- Achter, M.V. & Degrand-Guillaud, A. (2006). Promoción de la investigación sobre seguridad y salud en el trabajo en la Unión Europea: Promoción de la investigación sobre SST en la Unión Europea. Forum [En línea]. Vol. 15. pp. 6-7. ISSN 92-9191-175-5. Disponible en: <<http://bookshop.europa.eu/es/promocion-de-la-investigacion-sobre-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-en-la-union-europea-pbTE7506906/downloads>>.
- Bartolomé Antón, M., Fernández Ares, C., Prieto García, S. & Sánchez Sánchez. (2007). Riesgos psicosociales en el trabajo. *Revista Universitaria de Ciencias del Trabajo*, 8, 341-356.
- Beaudry, C., Lavoué, J., Sauvé, J.F., Bégin, D., Rhazi, M.S., Perrault, G., Dion, C. & Gérin, M. (2013). Occupational Exposure to Silica in Construction Workers: A Literature-Based Exposure Database. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 10(2), 71-77.
- Brocal, F. & Sebastián, M.A. (2015a). Analysis and Modeling of New and Emerging Occupational Risks in the Context of Advanced Manufacturing Processes. *Procedia Engineering*, 100, 1150-1159.
- Brocal, F. & Sebastián, M.A. (2015b). Identification and Analysis of Advanced Manufacturing Processes Susceptible of Generating New and Emerging Occupational Risks. *Procedia Engineering*, 100, 887-894.
- Brun, E., Van Herpe, S., Laamanen, I., Klug, K., Linsel, G., Schöneich, R., Flaspöler, E., Reinert, D., Galwas, M., Mirón Hernández, M^a. A. & García-Matarredona, D. (2007). Expert forecast on emerging biological risks related to occupational safety and health. EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburgo.
- España. Orden ITC/2585/2007, de 30 de Agosto, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria 2.0.02 "Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas", del Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera. Boletín Oficial del Estado, núm. 215, 7 de Septiembre de 2007, 36828-36833.
- European Industrial Minerals Association (IMA-Europe) (2014). What is Respirable Crystalline Silica (RCS)? Obtenido de: <http://www.crystallinesilica.eu/content/what-respirable-crystalline-silica-rcs>. Acceso: Marzo 2017.
- European Commission (2016). Guidance for National Labour Inspector son addressing risks from worker exposure to respirable crystalline silica (RCS) on construction sites. Obtenido de: <https://osha.europa.eu/en/guidance-national-labour-inspectors-on-addressing-risks-from-worker-exposure-to-respirable-crystalline-silica>. Acceso: Marzo 2017.
- EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). (2013). European Risk Observatory. Available: <<https://osha.europa.eu/en/riskobservatory>>.
- Finkelstein, M.M. (2000). Silica, Silicosis and Lung Cancer: A Risk Assessment. *American Journal of Industrial Medicine*, 38, 8-18.
- Flaspöler, E., Reinert, D. & Brun, E. (2005). Expert forecast on emerging physical risks related to occupational safety and health. EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburgo.
- Goldsmith, D., Ruble, R.P. & Klein, C.O. (1995). Comparative cancer potency for silica from extrapolations of human and animal findings. *Scandinavian Journal of Work Environmental Health*, 21(2), 104-107.

- Hammond, D.R., Shulman, S.A. & Echt, A.S. (2016). Respirable crystalline silica exposures during asphalt pavement milling at eleven highway construction sites. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(7), 538-548.
- Health and Safety Executive (HSE). Disponible en: <http://www.hse.gov.uk/construction/healthrisks/cancer-and-construction/silica-dust.htm>. Acceso: Marzo 2017.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). (1997). Silica, Some Silicates, Coal Dust and Para-armid Fibrils. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2007). Estrategia Española de Seguridad y Salud Laboral 2007-2012. [En línea]. Madrid: INSHT. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Instituto/Estrategia_Seguridad_Salud/Doc.Estrategia%20actualizado%202011%20ultima%20modificacion.pdf. Acceso: Marzo 2017.
- Institution of Occupational Safety and Health's (IOSH). (2015). Respirable Crystalline Silica: The Facts. Obtenido de: www.iosh.co.uk/~media/NTTLfiles/Silica-pack/Factsheet_Respirable_crystalline_silica_the_facts_MKT2730.pdf. Acceso: Marzo 2017.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2010). Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en transformación. [En línea]. Ginebra: OIT. ISBN 978-92-2-323343-3. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/ed_protect/protrav/safework/documents/publication/wcms_124341.pdf. Acceso: Marzo 2017.
- Rial González, E., Copsey, S., Paoli, P. & Schneider, E. (2005). Priorities for occupational safety and health research in the EU-25. [En línea]. Luxembourg: EU-OSHA. ISBN 92-9191-168-2. doi: 10.28802/25457. Disponible en: <<https://osha.europa.eu/en/publications/reports/6805648>>.
- Rotopino. Herramientas Eléctricas. Disponible en: <http://www.rotopino.es/>. Acceso: Marzo 2017.
- Savolainen, K. & Sas, K. (2006). Promoción de la investigación sobre seguridad y salud en el trabajo en la Unión Europea: Riesgo nuevo y emergente en SST; anticipación y tratamiento del cambio en el lugar de trabajo mediante la coordinación de la investigación sobre SST. Vol. 15. pp. 7-7. ISSN 92-9191-175-5.
- Scarselli, A., Corfiati, M., Marzio, D.D. & Iavicoli, S. (2014). Evaluation of workplace exposure to respirable crystalline silica in Italy. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 20(4), 301-307.
- Si, S., Carey, R.N., Reid, A., Driscoll, T., Glass, D.C., Peters, S., Benke, G., Darcey, E. & Fritsch, L. (2016). The Australian Work Exposures Study: Prevalence of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica. *Annals of Occupational Hygiene*, 60(1), 132-138.
- Steenland, K. & Stayner, L. (1997). Silica, asbestos, man-made mineral fibers, and cancer. *Cancer Causes Control*, 8, 491-503.
- Yeheyis, M., Aguilar, G., Hewage, K. & Sadiq, R. (2012). Exposure to Crystalline Silica Inhalation Among Construction Workers: A probabilistic Risk Analysis. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 18:5, 1036-1050.