



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A LA SÍLICE CRISTALINA.

Máster en Prevención de Riesgos Laborales.
Trabajo de fin de máster. Especialidad: Higiene
Industrial.

Curso 2020-2021

AUTOR: Rocío Gómez Samblás.

JUNIO, 2021

TUTOR: Carlos Pérez de la Torre

RESÚMEN

El presente trabajo de Fin de Master aborda la evaluación del riesgo higiénico a la sílice cristalina realizada en la Empresa “Malpesa “. Esta empresa, dedicada a la fabricación de material cerámico, está situada en las proximidades de Bailén (Jaén) y tiene una superficie superior a 300.000 m², en la cual se fabrican aproximadamente más de 400.000 toneladas al año de productos cerámicos para fachadas y suelos. En esta evaluación higiénica, a pesar de estar centrada en la exposición a la sílice cristalina, también se nombran los principales riesgos higiénicos (agentes físicos, químicos y biológicos) a los que pueden estar expuestos los trabajadores durante su jornada laboral, con el objeto de colaborar en el cumplimiento del artículo 16 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.

PALABRAS CLAVE: riesgo higiénico, higiene industrial, riesgo químico, salud laboral, cáncer, sílice cristalina, control ambiental, control biológico.

ABSTRACT

This paper deals about the hygienic risk evaluation of crystalline silica carried out at the “Malpesa” Company. This Company, dedicated to the manufacture of bricks, is located near Bailén (Jaén) and the Company has an area of over 300,000 m², in which approximately more than 400,000 tons of ceramic products for walls and floors are manufactured per year. In this hygienic evaluation, despite being focused on exposure to crystalline silica, the main hygienic risks (physical, chemical and biological agents) to which workers may be exposed during their working hours are also named, in order to collaborate in compliance with article 16 of Law 31/1995, on Occupational Risk Prevention.

KEYWORDS: hygienic risk, Industrial hygiene, chemical risk, occupational health, cancer, crystalline silica.

INDICE

RESÚMEN

ABSRTACT

- 1. INTRODUCCIÓN.**
- 2. SÍLICE CRISTALINA. FRACCIÓN RESPIRABLE.**
 - 2.1. Naturaleza y efectos para la salud.**
 - 2.2. La Sílice Cristalina tratada como cancerígena.**
- 3. TRABAJO EN LA CERÁMICA.**
 - 3.1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación.**
 - 3.2. Descripción general de los puestos objeto de evaluación.**
 - 3.3. Factores de riesgo.**
 - 3.4. Tipos de valores límite ambientales.**
 - 3.4.1. Valor Límite Ambiental- Exposición Diaria (VLA-ED).**
- 4. METODOLOGÍA DE EVALUACION CUANTITATIVA DE LOS PUESTOS DE TRABAJO EVALUADOS.**
 - 4.1. Metodología cuantitativa para el puesto de operario de prensa y operario de molienda.**
 - 4.2. Tipos de muestreo en una jornada de trabajo.**
 - 4.3. Valore Límite Ambientales (VLA).**
 - 4.3.1. Valor Límite Ambiental- Exposición Diaria (VLA-ED).**
 - 4.4. Equipo de muestreo.**
 - 4.5. Diseño experimental.**
- 5. PLANIFICACIÓN PREVENTIVA.**
 - 5.1. Sustitución de agentes cancerígenos y mutágenos.**
 - 5.2. Reducción de la exposición al mínimo.**
 - 5.3. Medidas de protección colectiva.**
 - 5.4. Medidas de protección individual.**
 - 5.5. Vigilancia de la salud.**
 - 5.6. Información y formación de los trabajadores.**
- 6. BIBLIOGRAFÍA.**

ANEXO 1.

- 1. INTRODUCCIÓN.**
- 2. SÍLICE CRISTALINA .FRACCIÓN RESPIRABLE.**

2.1. Naturaleza y efecto para la salud.

Sílice es el nombre que recibe un grupo de minerales compuestos de silicio y oxígeno, los dos elementos más abundantes de la corteza terrestre.

La sílice cristalina se presenta principalmente en forma de:

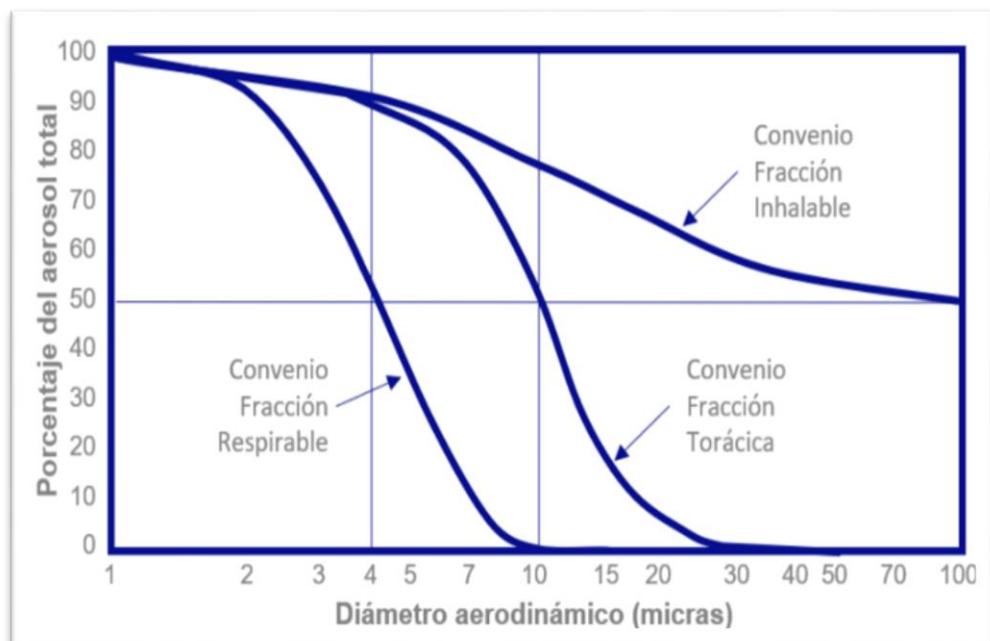
- Cuarzo. Es la más habitual y el segundo mineral más abundante del planeta. Se encuentra en la mayoría de los distintos tipos de roca, incluso la arena de la playa puede llegar a estar compuesta en más de un 90% por cuarzo.
- Cristobalita
- Tridimita

Sus propiedades fisicoquímicas (alto punto de fusión, dureza o resistencia química) y su abundancia en la naturaleza le proporcionan un gran valor para que pueda ser un material utilizado en varios procesos industriales (fabricación de cerámica, vidrio, áridos, minas, etc.) y en materiales de construcción (hormigón, ladrillo, mortero, etc.), siendo este el motivo de la existencia de numerosas fuentes de exposición laboral. Su presencia en el ambiente de trabajo, puede suponer un importante riesgo para la salud de las personas expuestas. Por ello, a lo largo de los años, ha surgido la necesidad de realizar medidas de sílice cristalina respirable en los trabajadores y de la proporción de ésta en las materias primas (ladrillos).

No todo el polvo de la sílice es igual. Para cada tipo de polvo, existen diferentes tamaños de partículas o fracciones de polvo. Cuando se inhala el polvo, en función del tamaño de la partícula inhalada pueden llegar a alcanzar los alveolos pulmonares, depositarse en ellos y provocar daños para la salud del trabajador.

- Partículas de un tamaño mayor a 10 micras quedan depositadas en vías aéreas altas y son eliminadas en poco tiempo.
- Partículas de mayor tamaño a 10 micras (fracción de polvo inhalable), son capaces de ser arrastradas por la corriente aérea respiratoria.
- Partículas con un tamaño menos a 5 micras (fracción respirable), es la más peligrosa ya que no quedan atrapadas en las vías aéreas altas y pueden llegar a penetrar en el sistema respiratorio.

A continuación, se muestra un gráfico en el que se muestra la probabilidad de que una partícula de un diámetro aerodinámico específico penetre en las diferentes partes del sistema respiratorio humano.



Las fracciones de polvo respirable pueden penetrar en los pulmones, y aunque los mecanismos de defensa del cuerpo puedan eliminar la mayor parte del polvo inhalado, en casos de exposición prolongada en ambientes de trabajo con niveles excesivos de este polvo, a largo plazo se puede acumular en el organismo y llegar a provocar en el trabajador una enfermedad llamada Silicosis. En la *ilustración 1* se muestran las diferentes secciones del pulmón.

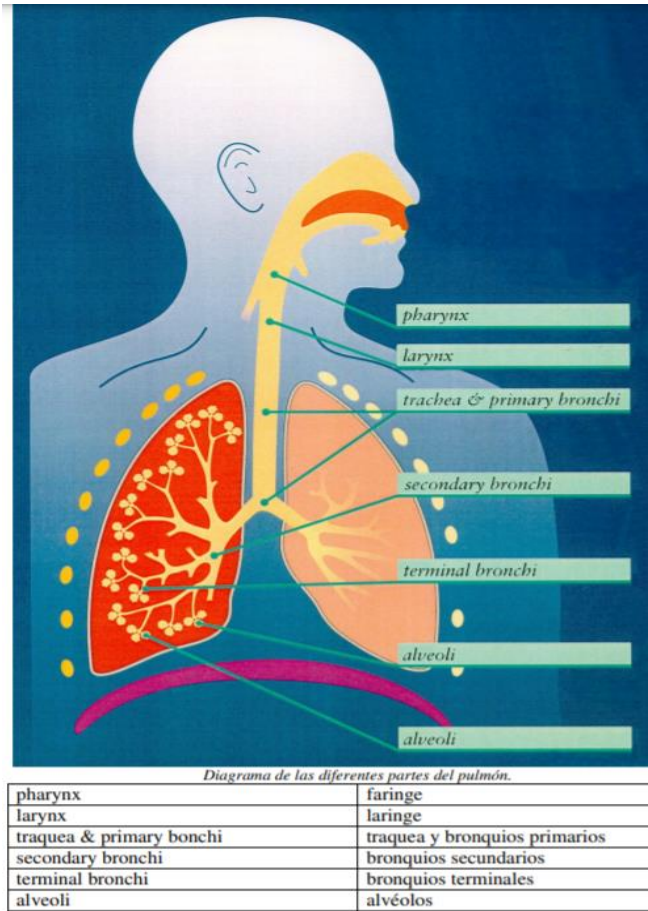


Ilustración 1 La ilustración al dorso identifica las diferentes secciones del pulmón.

La Silicosis es la enfermedad laboral más antigua del mundo. A pesar de ello, evaluando el riesgo y tomando las medidas adecuadas es posible atenuar o eliminar por completo los riesgos médicos asociados a la exposición al polvo de sílice cristalina respirable (SCR).

Hay varios tipos de silicosis: crónica, aguda y acelerada.

Tabla 1: tipos de silicosis

Crónica	Aguda	Acelerada
- Es la más común. - Evolución crónica. - Puede aparecer después de más de 10, 15 ó 20 años y cesada la exposición.	- Progresa rápidamente. - Evoluciona en un corto periodo de tiempo después de una exposición intensa (semanas o meses).	- Su forma clínica no está muy bien definida. - Está intermedia entre la crónica y la aguda. - Se presenta de 5 a 10 o 15 años de contacto con altos niveles de sílice cristalina.

A continuación, se nombran otras patologías que se pueden dar a causa de una exposición a la Sílice Cristalina Respirable (SCR), como pueden ser: la tuberculosis, el cáncer de pulmón y la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC).

2.2. La sílice libre cristalina tratada como cancerígena.

El pasado 23 de diciembre se publicó el RD 1154/2020, de 22 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. En tal modificación es importante señalar como novedad la inclusión de la Sílice Libre Cristalina en la lista de sustancias, mezclas y procedimiento determinados agentes cancerígenos.

Por consiguiente, la inclusión de la SLC en el marco del RD 665/1997 ha modificado las obligaciones empresariales en relación con la gestión del riesgo por exposición al polvo de sílice. Siendo estas nuevas medidas las siguientes, se pueden agrupar en tres líneas:

- Las que van dirigidas a la protección colectiva, evitando la emisión del agente contaminante o reduciendo la exposición.
- Las que van dirigidas a los trabajadores, actuando de manera individual sobre cada persona,
- y las medidas administrativas y de control, actuado sobre el seguimiento de la actuación a nivel de la empresa o de la autoridad competente.

Más adelante, se expondrán las nuevas obligaciones de los empresarios en cuanto a las medidas preventivas a aplicar según el resultado de la evaluación de riesgo higiénico realizada ante la contaminación por fracción respirable de la sílice cristalina.

3. TRABAJO EN LA CERÁMICA.

3.1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación.

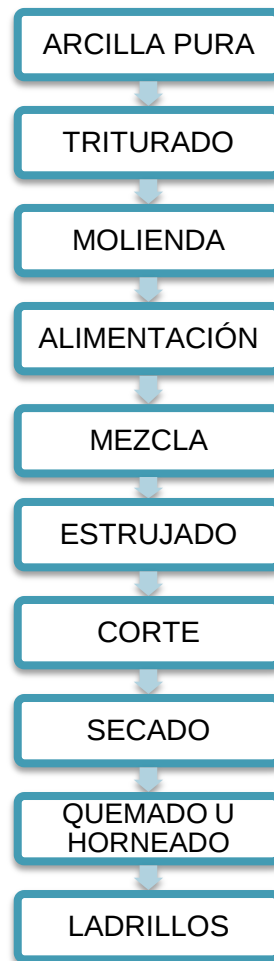


Ilustración 2: Proceso de fabricación del ladrillo.

3.2. Descripción general de los puestos objeto de evaluación.

La unidad utilizada como base para este estudio va a ser el puesto de trabajo o lo que es lo mismo, el conjunto de operaciones desarrolladas por un trabajador a lo largo de su jornada de trabajo, de las máquinas, herramientas, sustancias que emplea, y de las características de su entorno. Cada puesto de trabajo puede referirse a más de un trabajador si las condiciones de trabajo y los riesgos son parecidos.

Hay que señalar que la evaluación se ha centrado en una parte de la fábrica siendo los puestos de trabajo evaluados los que se muestran a continuación:

Operario de molienda

Una de sus funciones principales es la de producir una pasta homogénea que alimente la extrusión. Es decir, ensilados de arcillas, molienda de arcillas y chamotas, tamizado de arcillas y chamotas, formulación de arcillas y amasado con agua, etc.

Para ello realiza vigilancia y control de la instalación de molienda y amasado (toda la maquinaria que la compone) a través del pupitre de mando y cuadros de control. Controla las tolvas de entrada, silos de almacenamiento de arcillas, molino de martillos, cribas vibrantes, cintas transportadoras, tornillos sinfines, filtros de aspiración de mangas, etc.

Operario de prensa:

Entre las funciones de este puesto de trabajo podemos destacar las siguientes:

Vigilancia y control de la instalación de prensado (toda la maquinaria que la compone) a través de pupitre de mando. Los equipos principales son extrusora, bomba de vacío, prensa, cintas transportadoras, automatismos de corte y de transporte.

3.3. Factores de riesgos.

Es importante tener en cuenta los factores de riesgo a los que están expuestos estos trabajadores en sus horas de trabajo. Algunos de ellos son los siguientes:

- Una alta concentración ambiental de polvo de la sílice debido a:
 - Desarrollo de operaciones en seco.
 - Disponer de equipos de trabajo inadecuados: ausencia o defectos de extracción localizada, ausencias o defectos en los cerramientos.
 - Ausencia o deficiencia de extracción general como complemento de la extracción localizada.
 - Proximidad a las fuentes de emisión.
- Permanencia de los trabajadores cerca del punto de generación de polvo sin adoptar las medidas de seguridad adecuadas.

4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LOS PUESTOS DE TRABAJO EVALUADOS.

4.1. Metodología cuantitativa para el puesto de operario de prensa y operario de molienda.

A la hora de evaluar e interpretar los resultados obtenidos con la estrategia de medición utilizada, se tendrá en consideración el Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, la Guía técnica del INSSHT, la Norma UNE-EN 689 sobre atmósferas en el lugar de trabajo y directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición y los valores límite ambientales publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

La evaluación de riesgos consiste en obtener la información necesaria para responder a dos cuestiones: qué es lo que puede suceder y con qué probabilidad. De este modo, sabremos si son necesarias o no medidas preventivas y, en caso afirmativo, de qué tipo y en qué orden se deben poner en práctica. Cuando existe exposición a agentes químicos, para responder a la primera pregunta es necesario conocer la capacidad tóxica del agente químico y la respuesta individual al tóxico.

Por otra parte, como no se puede obtener el valor de la probabilidad, en su lugar se estima a partir de la magnitud de la exposición, entendida como el tiempo de exposición por la concentración ambiental, y del correspondiente valor límite. Esto último requiere medir (Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Madrid, 2013).

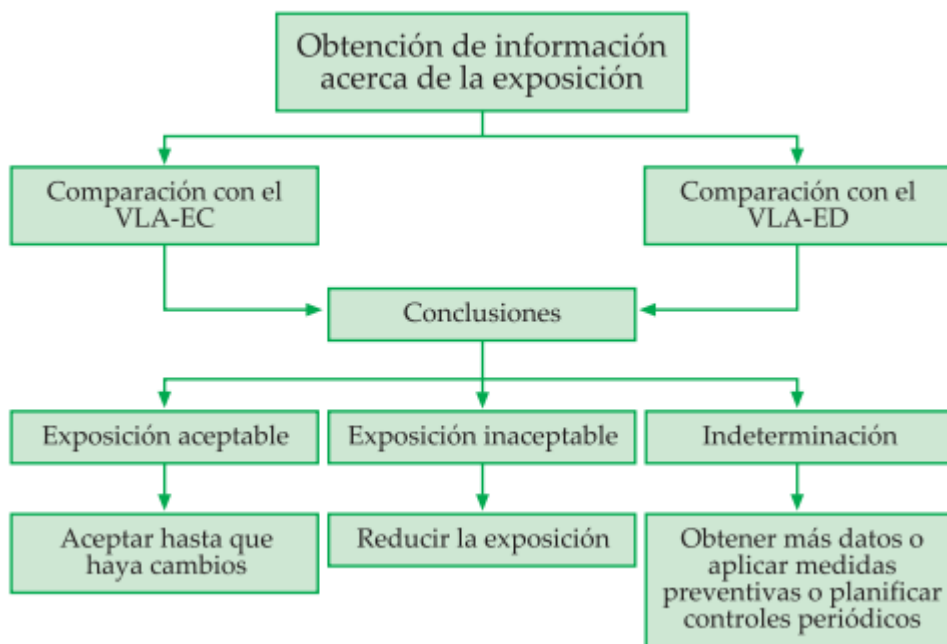


Ilustración 3 Pasos a seguir para evaluar la exposición al agente químico.

➤ **Obtención de información acerca de la exposición.**

A continuación, teniendo claro cuáles son los pasos a seguir dentro proceso de evaluación cuantitativo, definido el lugar de trabajo (fábrica de cerámicas) y los puestos de trabajo de operario de prensa y operario de molienda, se realizará una evaluación cuantitativa. Para conseguir un muestreo representativo, en la medición de la exposición de los trabajadores por vía respiratoria es preferible que la muestra sea personal frente a muestras ambientales, tomada alrededor de la zona de respiración del trabajador. Además de lo anterior, para conseguir un muestreo representativo, es importante tener en cuenta los siguientes factores:

- La variación de las concentraciones ambientales puede ser muy grande en pequeños periodos de tiempo.
- Los trabajadores pueden variar de posición y de actividad.
- La variación de las condiciones ambientales y de trabajo a lo largo del día, y con mayor intensidad en distintos días.
- La relación volumen de aire muestreado respecto al volumen de aire que rodea al trabajador es muy pequeña.
- El tiempo de muestreo es forzosamente limitado.
- Los aparatos y métodos de medición, toma de muestras y análisis introducen errores aleatorios.

4.2. Tipos de muestreo en una jornada de trabajo.

A continuación en la siguiente figura se muestran los distintos tipos de muestreo:

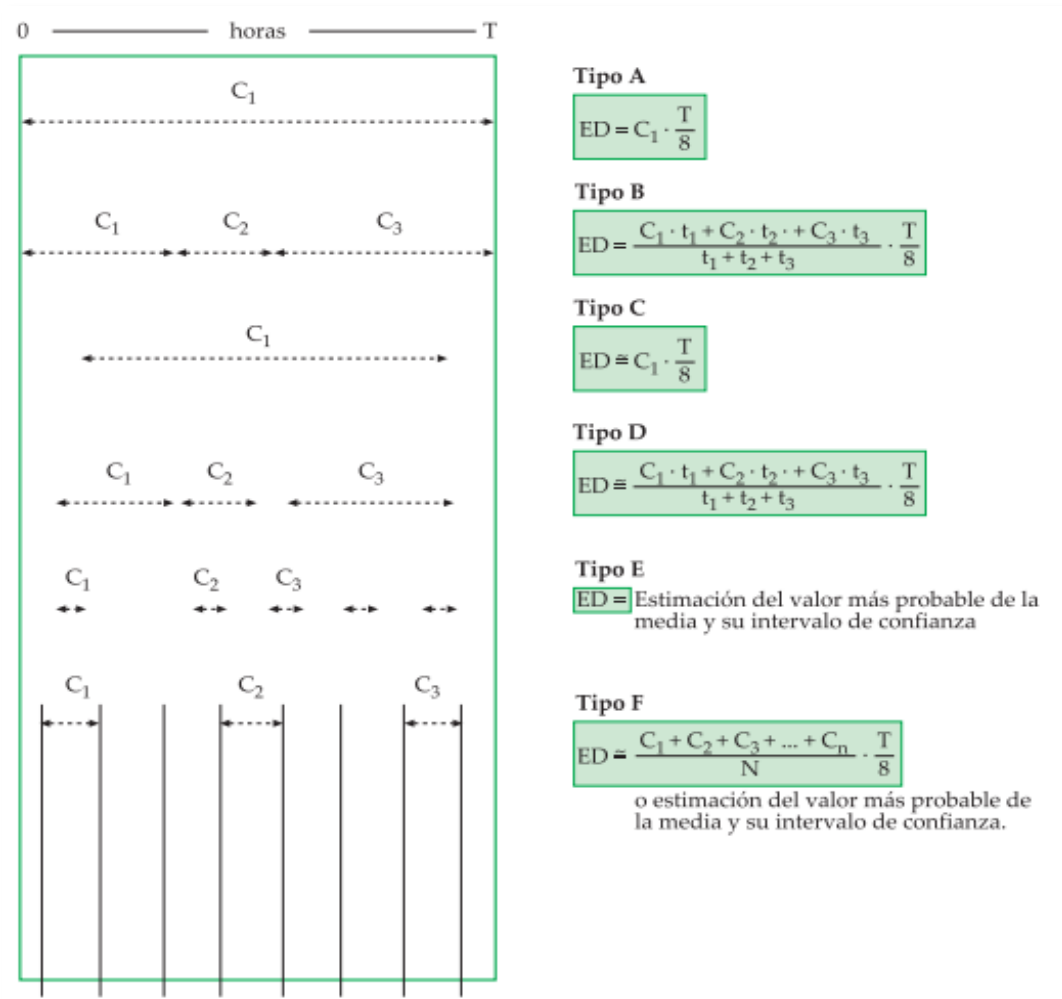


Ilustración 4: Tipos de muestreo en una jornada de trabajo Nota: En esta figura, T es la duración diaria de la exposición, C_i representa el valor de la concentración obtenido a partir de una muestra de duración t_i , $\bar{C}_T$ es la concentración media durante el periodo diario de exposición y ED es la concentración media de la jornada referida a 8 horas. Las flechas indican los periodos muestreados dentro de la jornada laboral (Extraída de la Guía Evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo).

La estrategia de muestreo utilizada en esta medición se basa en el modelo de medición Tipo C, por lo tanto se ha muestreado parte del tiempo total de la exposición de la jornada de trabajo (70 % - 80%). Para que este tipo de muestreo (C) sea representativo de la Exposición Diaria (ED) es necesario que durante el periodo de tiempo no muestreado las condiciones sean similares a las del periodo muestreado. El valor de ED, se deduce a partir de la concentración media ponderada durante el periodo de exposición (T).

$$ED = C \times T / 8$$

Como solo disponemos de un valor de ED, éste representa una sola jornada de trabajo, y por tanto, sería muy arriesgado considerar que el resultado obtenido en una sola jornada es válido para el resto de días. Por tanto, como la concentración ambiental puede variar entre jornadas, es preferible medir en varias jornadas (2 jornadas más).

➤ **Comparación con el VLA-ED.**

Si se desea comparar el valor de ED de una jornada con el VLA-ED, se deben tener en cuenta los errores del procedimiento de medida (toma de muestra y análisis). Puede aplicarse como indicador de la dispersión de los resultados debido a los errores, la incertidumbre combinada relativa (coeficiente de variación total, CVT) del procedimiento de medida (toma de muestra y análisis) según la norma UNE-EN 482 y los documentos Criterios y Recomendaciones CR 04/2008, CR 05/2009 y CR 06/2009 de los Métodos de toma de muestra y análisis del INSHT.

En la *tabla 2* se dan valores orientativos para algunos tipos de procedimientos de medida.

Tabla 2 Valores aproximados máximos del coeficiente de variación*

Compuestos, captación y análisis	Incertidumbre expandida U (k=2)	CVT
Vapores orgánicos, muestreadores por aspiración, con tubos absorbentes, análisis por cromatografía	0,27	0,13
Vapores orgánicos, muestreadores por difusión, análisis por cromatografía	0,32	0,16
Aerosoles captados en filtro, análisis por absorción atómica	0,39	0,19
Gases con tubos absorbentes, análisis por cromatografía	0,36	0,18
Polvo, cuarzo, muestreador de fracción respirable (ciclón), análisis por difracción de rayos x 0,88 0,44	0,88	0,44

* Referencias para los valores de la Tabla: Comité Européen de Normalisation (CEN): Project BC/CEN/ENTR/000/2002-16 Analytical methods for chemical agents – Final Report, CEN 2005 <http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Analysenverfahren-f%C3%BCr-chemische-Stoffe/index-2.jsp> UNE-EN 482:2007 Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medida de agentes químicos.

4.3. VALORES LÍMITE AMBIENTALES (VLA).

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo (INSSHT) los valores límite ambientales sirven de referencia para saber las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree, que la mayor parte de los trabajadores pueden estar expuestos día a día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

4.3.1. Valor Límite Ambiental- Exposición Diaria (VLA-ED).

La VLA-ED representa las condiciones a las que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Tabla 3 Valor Límite Ambiental de la Sílice Cristalina.

Agente químico	VLA-ED
	Ppm mg/m ³
Sílice cristalina: fracción respirable	0,1

- **Valoración por comparación con el Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria (VLA-ED)**

Ya que no hay forma de conocer el valor exacto de concentración al agente químico a la que el trabajador estaría expuesto en su jornada laboral, podemos obtener un valor dentro de un rango determinado, aunque siempre con un grado de incertidumbre que podemos elegir nosotros. Por ello se puede proceder como se propone en el documento de Lynch, J. y Chelton, C., 2019 (ver bibliografía) y se muestra a continuación, para un nivel de confianza del 90%.

En primer lugar, se calcula el índice de exposición definido como:

$$I = ED / (VLA-ED)$$

Sistema de decisión a partir de un pequeño número de muestras ($n \leq 6$).

Para calcular el intervalo de confianza del valor de I (determinar si se supera o no la VLA- ED), en este caso, como se dispone solamente de una sola muestra representativa de todo el periodo de exposición (muestreo Tipo C), se calculan los valores de los extremos del intervalo de confianza según las siguientes expresiones:

$$I_{\max} = I + 1,645 \cdot CV_T \quad \text{e} \quad I_{\min} = I - 1,645 \cdot CV_T$$

Estos valores se obtienen de una prueba de significación en la que la hipótesis nula es $I = 1$, y aplicando el intervalo de confianza al índice de exposición I obtenido.

En este caso, el valor verdadero de I está incluido aproximadamente en el intervalo comprendido entre $I_{\min}$ e $I_{\max}$ con una probabilidad del 90 %. La indeterminación es consecuencia de los errores asociados a cualquier procedimiento experimental como es la medida de una concentración ambiental y no tiene ninguna relación con la variabilidad de la concentración ambiental a la que nos hemos referido anteriormente.

Cuando $I_{\min}$ e $I_{\max}$ se sitúan por debajo y por encima de la unidad, respectivamente, significa que el error asociado al procedimiento de medida no permite obtener ninguna conclusión válida sobre si la ED del día muestreado es superior o inferior al valor VLA-ED.

Cuando se dispone de datos de más de una jornada, el tratamiento estadístico engloba ya los errores del muestreo y análisis de las muestras. La distribución estadística de los errores del procedimiento de medida queda integrada en la distribución global de los datos.

- **Evaluación de los resultados.**

Si $[I \leq 0,1] \rightarrow$ **Exposición ACEPTABLE**. Significa que es muy improbable que la exposición observada supere el Valor Límite, tanto en el periodo de tiempo en que se ha realizado la evaluación como en el futuro, mientras no haya cambios de la situación que puedan modificar la exposición.

Si $[I > 1] \rightarrow$ **Exposición INACEPTABLE**. A esta conclusión puede llegarse bien porque las mediciones realizadas muestran que se superan los valores límites aplicables, bien porque, aunque no se hayan obtenido resultados superiores a los valores límite, la exposición medida es de tal magnitud que resulta probable que se superen los valores límite en algunas ocasiones no medidas directamente. En estas condiciones se considera la situación como no aceptable y, lógicamente, se deberá proceder a su corrección.

Si $[0,1 < I \leq 1] \rightarrow$ **Exposición INDETERMINADA**. Significa que la exposición observada es tal que no permite alcanzar ninguna de las dos conclusiones anteriores. Es decir, los resultados obtenidos en las mediciones no superan los valores límite pero no permiten concluir con una fiabilidad aceptable si se superarán o no en el futuro.

4.4. Equipo de muestreo.

Los elementos principales del sistema de muestreo son los siguientes:

- Calibrador de la Bomba de aspiración: en primer lugar hay que calibrar la bomba de aspiración.



- Bomba de aspiración: este dispositivo es el encargado de aspirar el aire con el objetivo de captar el polvo de sílice cristalina existente. La bomba de muestreo debe estar calibrada, el caudal de la bomba debe mantenerse constante dentro de un intervalo de $\pm 5\%$.



- Medidor de caudal calibrado, capaz de mantener el caudal de la bomba de aspiración dentro del 5 % del valor requerido. Se recomienda la utilización de un medidor de caudal de burbuja ya que sus lecturas son independientes de la temperatura y de la presión atmosférica.



- Muestreador de la fracción respirable. Por lo que respecta al muestreo de la fracción respirable, los aparatos más utilizados en el campo de la Higiene Industrial responden al tipo de los “ciclones”. El ciclón se coloca en la zona de respiración del trabajador y en su interior incluye un filtro. Un ciclón es un selector de partículas cuyo fundamento se basa en la deposición selectiva que sufren las partículas más gruesas de un aerosol con respecto a las más finas, debido a la mayor fuerza centrífuga que éstas adquieren al ser sometido el aire en que se encuentran suspendidas a un movimiento forzado de giro.

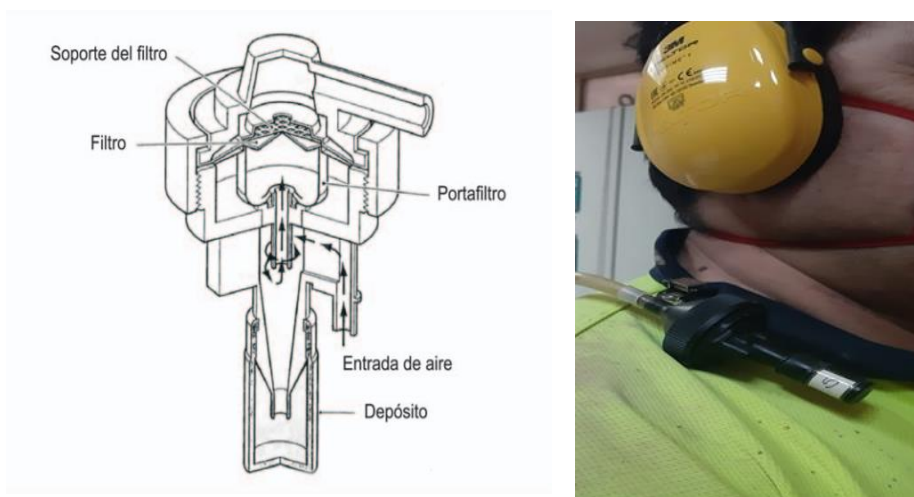


Ilustración 5. Esquema de funcionamiento de un ciclón para fracción respirable.

En la *tabla 4* aparecen una serie de muestreadores utilizados para la toma de muestra de la fracción respirable, todos ellos han sido extraídos del documento técnico CEN/TR 15230. En esta evaluación se ha utilizado el ciclón de polvo respirable con un filtro de 25 mm y con un caudal de muestro de 2,2 l/min.

Tabla 4: tipos de muestreadores utilizados para la toma de muestra de la fracción respirable.

Fracción relacionada con la salud	Muestreador personal	Caudal de muestreo l/min	Elemento de retención
Respirable	ION Multidust	2	Filtro de 25 mm en portafiltro
	GK 2,69	4,2	Filtro de 37 mm
	SIMPEDS	2,2	Filtro de 25 mm
	Ciclón polvo respirable	2,2	Filtro de 25 mm
	Ciclón aluminio	2,5	Filtro de 25 o 37 mm
	Ciclón plástico conductor	2,2	Filtro de 25 o 37 mm
	PGP-FSP 2	2	Filtro de 37 mm
	PGP-FSP 10	10	Filtro de 37 mm
	Ciclón de nylon 10mm	1,7	Filtro de 37 mm
	IOM Multidust	2	Espuma y filtro de 25 mm en portafiltro
Inhalable y respirable	Respicon	3,11	Filtro de 37 mm
Inhalable, torácica y respirable	Respicon	3,11	Filtro de 37 mm

- Filtro de PVC: tiene un tamaño de poro de 5µm y un diámetro adecuado al muestreador de la fracción respirable utilizado.



- Pinzas de punta plana: no deben tener estrías en los bordes para evitar el deterioro de los elementos de retención.



- Guantes (sin empolvar): para evitar el contacto de la piel con los elementos de retención pero que no dificulten el proceso de manipulación.
- Medidor de tiempo.



4.5. Diseño experimental.

Siguiendo los siguientes pasos el procedimiento de muestreo sería como se muestra a continuación:

1) Antes de la toma de muestra se calibra la bomba de muestreo empleando un medidor de caudal, y un muestreador conteniendo un elemento de retención del mismo material y características que el utilizado en el muestreo.

- Se pone en marcha la bomba y se espera aproximadamente 5 minutos para su estabilización.
- Se conecta la salida de la bomba a un elemento de muestreo (tubo adsorbente, borboteador, selector de partículas, etc.) y la salida de éste a un calibrador.
- El calibrador debe ser un medidor de volumen o de caudal calibrado cuyo intervalo de medida sea lo más próximo posible al caudal que se desea.
- Se ajusta el caudal de la bomba dentro del $\pm 5 \%$ del caudal recomendado por el método de toma de muestra y análisis a utilizar, y se mide el caudal. Si la lectura del caudal es mayor o menor del 5 % del caudal deseado, se ajusta de nuevo el caudal en la bomba hasta alcanzar el valor requerido.
- Por ejemplo, si se desea llevar a cabo una toma de muestra a 200 ml/min con un tubo estándar de carbón activo, el caudal se debería ajustar entre 190 ml/min y 210 ml/min utilizando un tubo de carbón activo del mismo lote que el que se va utilizar en la toma de muestra.
- Se realizan, al menos, tres mediciones del caudal. Se toma como caudal inicial de muestreo la media aritmética de los resultados obtenidos en las tres mediciones.
- Se retira el calibrador y el elemento de retención utilizado en la calibración, dejando la bomba en funcionamiento.

- 2) Antes de usar los muestreadores hay que comprobar que están completamente limpios. Teniendo en cuenta las recomendaciones de limpieza y manipulación del fabricante del muestreador.
- 3) En una zona totalmente limpia y con ayuda de unas pinzas planas se monta el filtro de PVC en el muestreador, éste debe estar cerrado y con el elemento de retención incorporado, hasta el comienzo del muestreo.
- 4) Posteriormente se conecta el muestreador a la bomba mediante un tubo flexible, asegurándose de que no existen fugas ni estrangulamientos.
- 5) Se coloca el muestreador en la zona respiratoria del trabajador, por ejemplo, sujeto a la solapa. La bomba de muestreo se sujeta en el cinturón o en otro lugar apropiado de la ropa del trabajador evitando estrangulamientos del tubo flexible.
- 6) Para iniciar el muestreo se pone en marcha la bomba y se anota la hora de comienzo de la toma de muestra.
- 7) Durante el muestreo se debe vigilar el funcionamiento de la bomba.
- 8) Al finalizar la toma de muestra se anota el tiempo transcurrido desde el inicio del muestreo. Se desconecta la bomba y se retira el muestreador del sistema de muestreo y se vuelve a cerrar. Se anotan la referencia de la muestra y todos los datos relativos al muestreo.
- 9) Con el mismo muestreador y elemento de retención utilizados en la calibración previa, se medirá y anotará el caudal de la bomba tras el muestreo. La muestra se considera no válida cuando la diferencia entre los caudales medidos antes y después de la toma de muestra supera el 5%.
- 10) Por cada lote de muestras tomadas en las mismas condiciones se adjuntarán uno o dos blancos de campo.

Aparatos y material para el análisis:

- Material de laboratorio: material de vidrio, espátulas, pinzas, placas Petri, crisoles de porcelana provistos de tapa, mortero de ágata, etc.
- Balanza analítica con una sensibilidad de al menos 0,01 mg.
- Bomba de vacío.
- Prensa de hasta 15 kg/cm² y accesorios para la preparación de pastillas estándares (tipo 13 mm).
- Desecador de vidrio con un material absorbente como gel de sílice o algún otro compuesto que cumpla la misma función.
- Horno de calcinación capaz de alcanzar y mantener una temperatura de 800 °C.
- Equipo de filtración a vacío.
- Espectrofotómetro de infrarrojos con transformada de Fourier.

CÁLCULO DE CONTAMINANTES QUÍMICOS POR PUESTO DE TRABAJO.

A partir de los resultado obtenidos en el laboratorio para cada muestra analizada y teniendo en cuenta el caudal de aspiración del equipo de muestreo definido anteriormente, podremos calcular el Índice de Exposición a la Sílice Cristalina. Para así poder evaluar la exposición del trabajador al agente químico.

Los resultados obtenidos del muestreo de la Sílice Cristalina en los puestos de trabajo evaluados se muestran en la siguiente *tabla 5*:

Tabla 5 Resultados del muestreo

Nº Registro laboratorio	Identificación original	Tipo	Contenido en sílice mg/muestra	Fracción respirable mg/muestra	
AC72451	21-4832	Cuarzo	0.008	0.123	
AC72452	21-4837	Cuarzo	<0.004	0.213	
AC72453	21-4839	Cuarzo	<0.004	<0.040	BLANCO*

Los métodos seguidos para el análisis son los Procedimientos del Laboratorio 'Determinación de Sílice' y 'Determinación de Materia Particulada'.

El Límite de cuantificación estimado para el contenido en sílice es de 0.004 mg/ muestra, y para la fracción respirable es de 0.040 mg.

Tabla 6 Datos del muestreo

Tareas	Tiempo Exp. (h/día)	Duración medición (min)	Referencia Bomba	Referencia Muestra
Operario de prensa	7,5	318	175317	21-4832
Operario de molienda	7,5	323	199245	21-4837

Tabla 7 Datos del calibrador

Marca: Gilian				Modelo: Gilibrator 2		Nº de inventario	189198
Equipo	Nº de serie	Nº inventario	Soporte	Calibrado inicial (mL/min)	Calibrado final (mL/min)	Calibrado medio (mL/min)	Desviación %
Bomba alto caudal	2847	175317	Pvc 37mm 5,0 um skc	2199	2247	2223,00	2,18
Bomba alto caudal	3136	199245	Pvc 37mm 5,0 um skc	2204	2238	2221,00	1,54

CÁLCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE LAS MUESTRAS.

Para realizar el cálculo de las concentraciones de las muestras, primero se calcula el volumen de muestreo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración} = \text{Resultado analítico} / \text{Volumen de muestreo}$$

CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN DIARIA (ED).

La ED es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias. Para su cálculo utilizamos la siguiente fórmula donde TR es el tiempo real de exposición.

$$\text{ED} = \text{Concentración} \times \text{TR} / 8 \text{ horas}$$

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE EXPOSICIÓN (IE).

En este cálculo utilizaremos la fórmula:

$$\text{IE} = \text{ED} / \text{VLA-ED}$$

Donde VLA-ED es el Valor Límite Ambiental, extraído de las tablas elaboradas por la Guía de Límites de Exposición Profesional para Agentes químicos en España del INSHT.

VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SEGÚN LOS VLA-ED.

Como hemos dicho anteriormente el Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria es la concentración media ponderada en el tiempo para una jornada de trabajo estándar de 8 horas diarias, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos adversos para su salud. Los VLA-ED de los contaminantes presentes son:

VLA-ED (Fracción respirable)=3 mg/m³.

Nº CE	Nº CAS	AGENTE QUÍMICO (año de incorporación o de actualización)	VALORES LÍMITE		NOTAS	INDICACIONES DE PELIGRO (H)	
			VLA-ED® ppm	mg/m³			VLA-EC® ppm
225-141-7	4685-14-7	Paracuat. Fracción respirable	0.1		d		
217-615-7	1910-42-5	Paracuat dicloruro	0.1		vía dérmica	330-311-301-372-319-335-315-400-410	
200-271-7	56-38-2	Paratión (2013)	0.05		vía dérmica, VLB®, ae, s FIV	330-300-311-372-400-410	
		Partículas (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma. Fracción inhalable	10		c, o, e		
		Partículas (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma. Fracción respirable	3		c, o, d, e		
		Pelitre	véase Piretrinas				
243-194-4	19624-22-7	Pentaborano	0.005	0.013	0.015	0.039	
201-778-6	87-86-5	Pentaclorofenol	0.5			vía dérmica, VLB®, r	351-330-311-301-319-335-315-400-410
215-320-8	1321-64-8	Pentacloronaftaleno	0.5			vía dérmica	312-302-319-315-400-410

VLA-ED (Sílice Libre)= 0,1 mg/m³.

Nº CE	Nº CAS	AGENTE QUÍMICO (año de incorporación o de actualización)	VALORES LÍMITE		NOTAS	INDICACIONES DE PELIGRO (H)
			VLA-ED® ppm	mg/m³		
215-710-8	1344-95-2	Silicato de calcio (sintético)		10	e	
201-083-8	78-10-4	Silicato de etilo (2018)	5	44	VLI	226-332-319-335
211-656-4	681-84-5	Silicato de metilo	1	6,3		
		Sílice Cristalina: Fracción respirable		0,1	v. d. véase Capítulo 9	
232-752-2	9014-01-1	Subtilisinas (enzimas proteolíticas como enzima pura cristalina al 100%)			0,00006	Sen
231-871-7	7773-06-0	Sulfamato de amonio		10		
231-784-4	7727-43-7	Sulfato de bario		10	e	
233-331-6	10124-36-4	Sulfato de cadmio, como Cd. Fracción inhalable		0,01	C1B, M1B, VLB®, r. TR1B	350-340-360FD-330- 301-372-400-410
233-331-6	10124-36-4	Sulfato de cadmio, como Cd. Fracción respirable		0,002	C1B, M1B, VLB®, r. d. TR1B	350-340-360FD-330- 301-372-400-410
231-900-3	7778-18-9	Sulfato de calcio anhidro		10	e	

Según los criterios establecidos en la Guía Técnica de evaluación y prevención de riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos, se concluye que:

Tabla 8 Valoración del índice de exposición

Índice de Exposición	Valoración de la Exposición	Conclusiones
Menor que 0,1	ACEPTABLE	Puede considerarse que es improbable que se supere el valor límite en cualquier jornada.
Entre 0,1 y 1	INDETERMINACIÓN	Se debe completar la estrategia de medición con más valores para poder llegar a una decisión objetiva.
Mayor que 0,1	INACEPTABLE	Se debe corregir la exposición.

OPERARIO DE PRENSA:

Tiempo de muestreo: 318 min

Caudal de la bomba: 2223 ml/mi

Lo primero es pasar los datos de la bomba de mililitros/min a litros/min

$$2223/1000 = 2,223 \text{ l/m}$$

Después, hay que calcular el volumen de aire muestreado, que se obtiene con el producto de la duración del muestreo y del caudal de la bomba en litros por minuto:

$$318 \text{ min} \times 2,223 \text{ l/min} = 706,914 \text{ l} / 1000 = 0,7069 \text{ m}^3$$

Una vez se tengan la cantidad de aire de la muestra en metros cúbicos se calcula la exposición diaria y los índices de exposición de los agentes.

Por un lado la sílice cristalina, y por otro lado la fracción respirable:

Muestra Sílice:

La concentración en el volumen de aire muestreado se halla a través de la división del contenido de sílice en la muestra, que es 0,008 mg/m, entre el volumen de aire muestreado 0,7069 m³.

$$0,008 \text{ mg/m} / 0,7069 \text{ m}^3 = 0,0113 \text{ mg/m}^3 = \textbf{Concentración}$$

Como anteriormente se ha mencionado, se trata de un muestreo de tipo C, por lo que la exposición diaria se calcula a través de la siguiente fórmula:

$\textbf{ED = Concentración} \times \textbf{Tiempo de exposición/8}$
--

Por tanto:

$$\text{ED} = 0,0113 \text{ mg/m}^3 \times (7,5 \text{ h} / 8 \text{ h}) = 0,0106 \text{ mg/m}^3$$

A continuación, se obtiene el índice de exposición mediante la fórmula:

$\textbf{I = ED / (VLA-ED)}$

Se recuerda que el VLA-ED para sílice (cuarzo) es de 0,05 mg/m³

$$I_{ED} = 0,0106/0,1 = 0,106$$

Teniendo en cuenta los errores de procedimiento de medida se emplea como indicador de la dispersión de los resultados debida a los errores la incertidumbre combinada relativa (CVT) utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{max} = I + 1,645 * CVT \quad \text{e} \quad I_{min} = I - 1,645 * CVT$$

Compuestos, captación y análisis	Incertidumbre expandida relativa U (k=2)	CVT
Vapores orgánicos, muestreadores por aspiración, con tubos adsorbentes, análisis por cromatografía	0,27	0,13
Vapores orgánicos, muestreadores por difusión, análisis por cromatografía	0,32	0,16
Aerosoles captados en filtro, análisis por absorción atómica	0,39	0,19
Gases con tubos adsorbentes, análisis por cromatografía	0,36	0,18
Polvo, cuarzo, muestreador de fracción respirable (ciclón), análisis por difracción de rayos x	0,88	0,44

El CVT para el cuarzo es de 0,44, por tanto:

$$I_{max} = 0,106 + 1,645 \times 0,44 = 0,8298.$$

$$I_{min} = 0,106 - 1,645 \times 0,44 = -0,6178.$$

NIVEL DE EXPOSICIÓN: ACEPTABLE.

El valor verdadero de I está incluido aproximadamente en el intervalo comprendido entre I_{min} (-0,6178) e I_{max} (0,8298) con una probabilidad del 90 %.

Como el valor de I_{min} e I_{max} se sitúan por debajo de uno, la exposición diaria del día muestreado es inferior al VLA-ED por lo que el nivel de exposición sería aceptable.

Muestra de fracción respirable.

La concentración en el volumen de aire muestreado se halla a través de la división del contenido de sílice en la muestra, que es 0,123 mg/m, entre el volumen de aire muestreado 0,7069 m³.

$$0,123 \text{ mg/m} / 0,7069 \text{ m}^3 = 0,1739 \text{ mg/m}^3 = \text{Concentración}$$

Como anteriormente se ha mencionado, se trata de un muestreo de tipo C, por lo que la exposición diaria se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{ED} = \text{Concentración} \times \text{Tiempo de exposición}/8$$

Por tanto:

$\text{ED} = 0,1739 \text{ mg/m}^3 \times (7,5 \text{ h} / 8 \text{ h}) = 0,1630 \text{ mg/m}^3$ A continuación, se obtiene el índice de exposición mediante la fórmula:

$$I = \text{ED} / (\text{VLA}-\text{ED})$$

Se recuerda que el VLA-ED para SCR es de 3 mg/m³

$$I_{\text{ED}} = 0,1630/3 = 0,054.$$

Teniendo en cuenta los errores de procedimiento de medida se emplea como indicador de la dispersión de los resultados debida a los errores la incertidumbre combinada relativa (CVT) utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{\text{max}} = I + 1,645 \times \text{CVT} \quad \text{e} \quad I_{\text{min}} = I - 1,645 \times \text{CVT}$$

El CVT para el cuarzo es de 0,44, por tanto:

$$I_{\text{max}} = 0,054 + 1,645 \times 0,44 = 0,7778.$$

$$I_{\text{min}} = 0,054 - 1,645 \times 0,44 = -0,6698.$$

NIVEL DE EXPOSICIÓN: ACCEPTABLE.

El valor verdadero de I está incluido aproximadamente en el intervalo comprendido entre I_{min} (-0,6698) e I_{max} (0,7778) con una probabilidad del 90 %.

Como el valor de I_{min} e I_{max} se sitúan por debajo de uno, la exposición diaria del día muestreado es inferior al VLA-ED por lo que el nivel de exposición sería aceptable.

OPERARIO DE MOLIENDA:

Tiempo de muestreo: 218 minutos.

Caudal de bomba: 2221 ml/min.

Lo primero es pasar los datos de la bomba de ml/min a l/min.

$$2221/1000 = 2,221 \text{ l/m.}$$

Después, hay que calcular el volumen de aire muestreado, que se obtiene con el producto de la duración del muestreo y del caudal de la bomba en litros por minuto:

$$318 \text{ min} \times 2,221 \text{ l/min} = 706,27 \text{ l} / 1000 = 0,706278 \text{ m}^3.$$

Una vez se tengan la cantidad de aire de la muestra en metros cúbicos se calcula la exposición diaria (ED) y los índices de exposición de los agentes (I).

Solo se calcula la ED y el I de la SCR, porque la cantidad de la sílice cristalina libre no es detectable (<0,004).

Muestra de fracción respirable.

La concentración en el volumen de aire muestreado se halla a través de la división del contenido de SCR en la muestra, que es 0,213 mg/m, entre el volumen de aire muestreado 0,70627 m³.

$$0,213 \text{ mg/m} / 0,70627 \text{ m}^3 = 0,3015 \text{ mg/m}^3 = \text{Concentración}$$

Como anteriormente se ha mencionado, se trata de un muestreo de tipo C, por lo que la exposición diaria se calcula a través de la siguiente fórmula:

$ED = \text{Concentración} \times \text{Tiempo de exposición} / 8$
--

Por tanto:

$$ED = 0,3015 \text{ mg/m}^3 \times (7,5 \text{ h} / 8 \text{ h}) = 0,2826 \text{ mg/m}^3.$$

A continuación, se obtiene el índice de exposición mediante la fórmula:

$$I = ED / (VLA-ED)$$

Se recuerda que el VLA-ED para sílice (cuarzo) es de 3 mg/m³.

$$I_{ED} = 0,2826/3 = 0,0942.$$

Teniendo en cuenta los errores de procedimiento de medida se emplea como indicador de la dispersión de los resultados debida a los errores la incertidumbre combinada relativa (CVT) utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{max} = I + 1,645 * CVT \quad e \quad I_{min} = I - 1,645 * CVT$$

El CVT para el cuarzo es de 0,44, por tanto:

$$I_{max} = 0,0942 + 1,645 \times 0,44 = 0,818.$$

$$I_{min} = 0,0942 - 1,645 \times 0,44 = -0,6296.$$

NIVEL DE EXPOSICIÓN: ACCEPTABLE.

El valor verdadero de I está incluido aproximadamente en el intervalo comprendido entre I_{min} (-0,6296) e I_{max} (0,818) con una probabilidad del 90 %.

Como el valor de I_{min} e I_{max} se sitúan por debajo de uno, la exposición diaria del día muestreado es inferior al VLA-ED por lo que el nivel de exposición sería aceptable.

5. PLANIFICACIÓN PREVENTIVA.

Las actuaciones para controlar la exposición a polvo de sílice cristalina deben seguir las pautas indicadas en el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

5.1. Sustitución de agentes cancerígenos y mutágenos.

En este caso no es posible eliminar o sustituir la sílice cristalina ya que se encuentra en la materia prima (arcilla), por tanto, se debe actuar conforme al **artículo 5.2 del RD 665/1997** *“en caso de que no sea técnicamente posible sustituir el agente cancerígeno o mutágeno, el empresario garantizará que la producción y utilización del mismo se lleven a cabo en un sistema cerrado”*.

5.2. Reducción de la exposición al mínimo.

Las principales medidas técnicas para la minimización de la exposición a la SCR según el **artículo 5.5 del RD 665/1997** pueden ser las mostradas a continuación:

- Limitar las cantidades del agente cancerígeno o mutágeno en el lugar de trabajo.
- Diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas con el objeto de evitar o reducir al mínimo la formación de agentes cancerígenos.
- Limitar al menor número posible los trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- Evacuar los agentes cancerígenos en origen, mediante extracción localizada o, cuando ello no sea técnicamente posible, por ventilación general, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.
- Utilizar los métodos de medición más adecuados, en particular para una detección inmediata de exposiciones anormales debidas a imprevistos o accidentes.
- Aplicar los procedimientos y métodos de trabajo más adecuados.

- Adoptar medidas de protección colectiva o, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios, medidas individuales de protección.
- Adoptar medidas higiénicas, en particular la limpieza regular de suelos, paredes y demás superficies.
- Delimitar las zonas de riesgo, estableciendo una señalización de seguridad y salud adecuada, que incluya la prohibición de fumar en dichas zonas, y permitir el acceso a las mismas sólo al personal que deba operar en ellas, excluyendo a los trabajadores especialmente sensibles a estos riesgos.
- Limpiar aspirando.
- Disponer de medios que permitan el almacenamiento, manipulación y transporte seguros de los agentes cancerígenos, así como para la recogida, almacenamiento y eliminación de residuos, en particular mediante la utilización de recipientes herméticos etiquetados de manera clara, inequívoca y legible, y colocar señales de peligro claramente visibles, de conformidad todo ello con la normativa vigente en la materia.

A continuación se muestra la imagen de una cabina despolvoradora situada en las instalaciones de la empresa “Malpesa” para la limpieza de los trabajadores



5.3. Medidas de protección colectiva.

- Ventilación del centro de trabajo, siendo preferible la ventilación general forzada.
- Evitar la ubicación de los puestos de trabajo en zona de corriente de aire, así como tener en cuenta la correcta ubicación de trabajador.
- Limpieza del centro de trabajo diaria preferiblemente a través de métodos húmedos o aspiración. Se desaconseja la limpieza en seco o mediante soplado.
- Realización en húmedo de los trabajos de mecanizado.

5.4. Medidas de protección individual.

Según el **artículo 6.1, 6.2 y 6.3 del RD 665/1997** “el empresario, en toda actividad en que exista un riesgo de contaminación por agentes cancerígenos o mutágenos, deberá adoptar las medidas necesarias para”:

- Prohibir que los trabajadores coman, beban o fumen en las zonas de trabajo en las que exista dicho riesgo.
- Proveer a los trabajadores de ropa de protección apropiada o de otro tipo de ropa especial adecuada.
- Disponer de lugares separados para guardar de manera separada las ropas de trabajo o de protección y las ropas de vestir.
- Disponer de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso.
- Disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados para uso de los trabajadores.

Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.

El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin. Cuando contratase tales operaciones con empresas idóneas al efecto, estará obligado a asegurar que la ropa se envía en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas.

Por otra parte, cuando las medidas de prevención y protección colectiva no proporcionen una garantía de ausencia de exposición a polvo de la sílice cristalina se recurrirá al empleo de equipos de protección individual de las vías respiratorias. Así, será necesario en los siguientes casos:

- Cuando se desconozca el nivel de riesgo por exposición a la fracción respirable de sílice cristalina y, por lo tanto, no se pueda asegurar ausencia de exposición.
- Como medida provisional mientras se desarrollen las medidas preventivas consecuentes a la evaluación de la exposición.
- En las operaciones o áreas puntuales o excepcionales donde no se puede eliminar el riesgo mediante la adopción de medidas preventivas colectivas.

Los equipos de protección serán de alta eficacia frente a partículas sólidas pudiendo elegir entre máscaras autofiltrantes FFP3 o semimáscaras/máscaras con filtros P3 (Categoría III).

Además de la protección respiratoria serán necesarios los siguientes equipos:

- Gafas de protección con resistencia mecánica A y resistencia al deterioro superficial por partículas finas K.
- Guantes de protección mecánica (siempre que no suponga un riesgo de atrapamiento por la presencia de útiles giratorios).
- Calzado de seguridad.
- Protección auditiva, según el puesto de trabajo.

5.5. Vigilancia de la salud.

Si al evaluar existen riesgos para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo y en el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención. Esta vigilancia ha de ser periódica y específica en función de los riesgos inherentes al trabajo.

- Debe ser voluntaria, con las excepciones contempladas en el artículo 22 de la LPRL.
- Debe contemplar los principios de confidencialidad y ética.
- Debe ajustarse a la norma, protocolizada, planificada, específica en función de los riesgos identificados en la evaluación y periódica.
- Deber ser realizada con recursos humanos (personal sanitario con competencia técnica, formación y capacidad acreditada) y materiales necesarios e integrada en el plan de prevención.
- Debe de ser documentada y gratuita para los trabajadores.
- Los resultados deben de ser individuales (informando a cada uno de los trabajadores afectados), y colectivos.

5.6. Información y formación de los trabajadores.

De conformidad con los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), el empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban formación y sean informados sobre las medidas que hayan de adoptarse en aplicación del presente Real Decreto.

Asimismo, el empresario tomará las medidas apropiadas para garantizar que los trabajadores reciban una formación suficiente y adecuada e información precisa basada en todos los datos disponibles. En la *tabla 9* se muestra los niveles de prioridad de las medidas preventivas a seguir, cual es el objetivo a valorar y los tipos de acciones que han de realizarse.

Tabla 9 Prioridad de las medidas preventivas

Nivel de prioridad		Objetivo		Acción sobre	
		Agente químico	Proceso / instalación	Ambiente de trabajo	Método de trabajo
1º	Eliminación del riesgo	Sustitución total	Sustitución del proceso. Utilización de equipos intrínsecamente seguros.	- Orden y limpieza. - Segregación de departamentos. - Ventilación. - Duchas de aire. - Cortinas de aire. - Cabinas para los trabajadores. - Drenajes.	Automatización Robotización Control remoto
2º	Reducción o control del riesgo	Sustitución parcial. Cambio de presentación (Forma o estado físico)	- Proceso cerrado. - Cabinas de guantes. - Aumento de distancia. - Mantenimiento preventivo. - Extracción localizada. - Equipos con extracción local incorporada.		Buenas prácticas de trabajo Supervisión Horarios reducidos
3º	Protección del trabajador				EPIs de protección respiratoria, ocular, dérmica y de la piel.

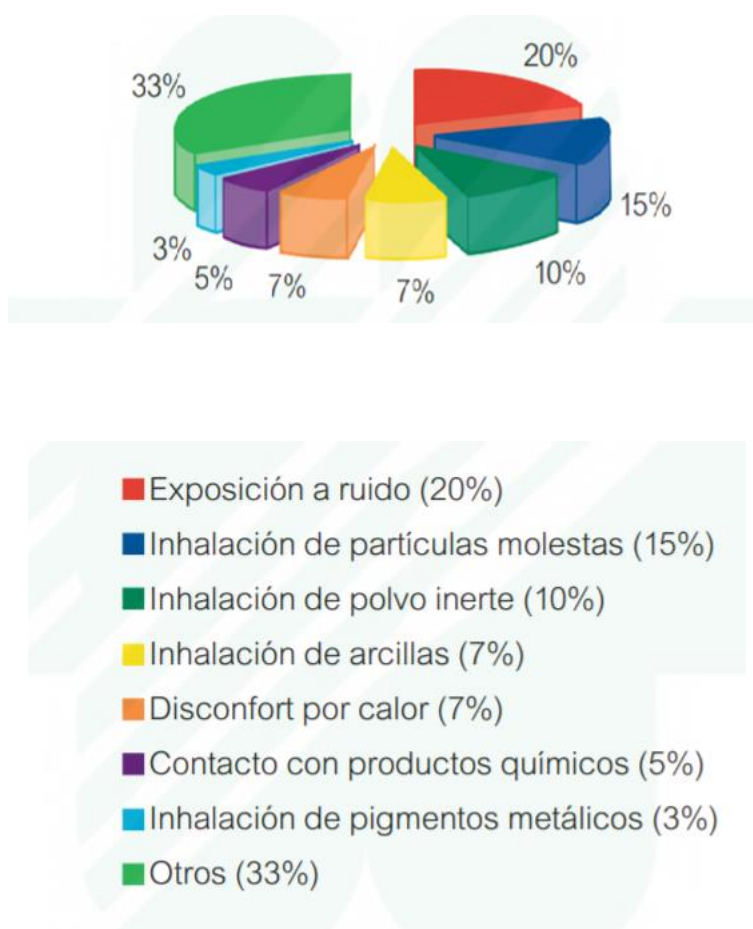
6. BIBLIOGRAFÍA.

1. Alfageme Mediavilla, C., Arana Munarriz, V., Arias Guillen, M., & Carballo Menendez, M. (2020) et al. Protocolo de vigilancia sanitaria específica. Silicosis (p. 61). Ministerio de sanidad. <https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/silicosis.pdf>
2. Directiva 2004/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo.
3. Directiva (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2017, por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo. Clasifica la sílice libre dentro del anexo 1, como grupo 6 (trabajos que supongan exposición al polvo respirable de sílice cristalina generado en un proceso de trabajo) , siendo el agente de riesgo el polvo de sílice libre y el subagente 01 el cáncer de pulmón.
4. Guía 374/2001 Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2021.
5. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, por la que se aprueba la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
6. Norma UNE EN 689. "Exposición en el lugar de trabajo". Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional".
7. NTP 60: Toma de muestras de sílice libre. Análisis difractométrico.
8. Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
9. R.D. 486/1997, de 14 de abril, disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
10. Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud se refiere a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (BOE núm. 140, de 12 de junio de 1997).
11. RD 374/2001 de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
12. Velasco Ortega, J., Ubiedo Pérez, C., & Velasco Pérez, B. Fracción respirable de materia particulada: convenios y evaluación ambiental.

ANEXO

A.1. Otros riesgos higiénicos a los que están expuestos los trabajadores.

En cuanto a los riesgos higiénicos ambientales más significativos que puedan dar lugar a enfermedades profesionales se encuentran distribuidos según su frecuencia de aparición de mayor a menor porcentaje de la siguiente forma:



Nota: los datos están recogidos del informe de situación del INSHT, sobre Riesgos Profesionales en Fabricación de Productos Cerámicos.

Riesgo	Factores de riesgo	Medidas preventivas
Exposición al ruido	Equipos de trabajo que provocan niveles de ruido muy elevados en toda la cadena de producción; origina nervios, dolores de cabeza, inquietud, irritación, sordera, interfiere en las relaciones con los compañeros y con las señales acústicas de seguridad.	Utilizar equipos menos ruidosos, encapsulado de las líneas de trabajo con materiales que absorban el ruido, formar a los trabajadores sobre los riesgos a los que está expuesta su actividad

Riesgo	Factores de riesgo	Medidas preventivas
Exposición laboral a agentes químicos, polvo y gases	Polvo y partículas procedentes de la materia prima con la que se trabaja y del proceso productivo. El proceso productivo a veces puede producir vapores que pueden contener metales pesados y otras sustancias tóxicas que pueden ser inhaladas. Sistemas de aspiración inadecuados. Componentes químicos de los esmaltes y engobes. Malas condiciones de almacenamiento de los productos en los centros de trabajo. Falta de orden y limpieza.	Informar y formar a los trabajadores de los riesgos a los que están expuestos. Vigilar la calidad del aire en los centros de trabajo. Ventilar correctamente. No fumar ni comer en el lugar de trabajo. Dotar a los trabajadores de los equipos de protección individual y formarles sobre su utilización y mantenimiento. Adoptar medidas para limitar el desprendimiento de polvo.

Riesgo	Factores de riesgo	Medidas preventivas
Discomfort por altas temperaturas	Riesgo por estrés térmico por las inadecuadas condiciones de temperatura y humedad. Puede generarse deshidratación, calambres por calor, agotamiento, síncope calórico, trastornos cutáneos, golpes de calor. Ventilación inadecuada. Vestimenta de trabajo inadecuada.	Materiales de edificación que disminuya la temperatura en el ambiente. Establecer pausas y descansos en las tareas. Cambios de puestos. Uso de la tecnología para refrigerar el medio ambiente de trabajo. Mejora de los sistemas de ventilación. Dotar a los trabajadores de prendas de trabajo adecuadas.

Riesgo	Factores de riesgo	Medidas preventivas
Iluminación	Mala iluminación que dificulta el desarrollo de la tarea, disminuye la agudeza visual y la percepción y produce molestias como cansancio, dolor de cabeza, etc.	Niveles adecuados de iluminación según las necesidades y el tipo de tarea. Potenciar el uso de la luz natural. Permitir el ajuste de luz por parte del trabajador.



ANEXO 2

AUTORIZACIÓN PARA LA DEFENSA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Datos del alumno/a:
DNI: 26054180X
Apellidos, Nombre: GÓMEZ SAMBLÁS, ROCÍO
Máster (y especialidad, en su caso): PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, ESPECIALIDAD DE HIGIENE INDUSTRIAL

Datos del Trabajo	
Título del Trabajo: EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A LA SÍLICE CRISTALINA	
Convocatoria (indicar mes de defensa): Junio	Año: 2021

El director/tutor(es/as) del Trabajo INFORMA FAVORABLEMENTE la defensa del mismo:	
Director/a- tutor/a: Carlos Pérez de la Torre	 Firmado digitalmente por PEREZ DE LA TORRE CARLOS - 26009153V Fecha: 2021.06.24 14:01:13 +02'00'
*Fdo.:.....	
Director/a –tutor/a:	
*Fdo.:.....	

*Este formulario, debidamente cumplimentado y firmado (con firma digital o en su defecto, con firma manuscrita y escaneo del documento), deberá ser entregado por el alumno en formato pdf en el mismo soporte digital, junto con el resto de archivos integrantes del trabajo.



ANEXO 3

ENTREGA Y AUTORIZACION DE ACCESO DE COPIA DIGITAL DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Datos del alumno/a	
DNI: 26054180X	
Apellidos, Nombre: GÓMEZ SAMBLÁS, ROCÍO	
Correo electrónico: rcgmzsmbles@gmail.com	Tfno.: 667947460
Máster (y especialidad en su caso): Prevención de riesgos laborales (Higiene Industrial)	
Título del Trabajo: Evaluación de la exposición a la sílice cristalina	
Director/Tutor (es/as): Carlos Pérez de la Torre	
Fecha de entrega: 25 de Junio del 2021	

El alumno/a ha realizado la entrega preceptiva de una copia digital de su TFM para su depósito en el Repositorio creado al efecto por la Universidad de Jaén, AUTORIZANDO a:		
Su difusión en acceso libre (marcar con una X la opción elegida)	SI ☒	NO ☐

Fdo.:Rocío Gómez

Samblás.....

*Este formulario, debidamente cumplimentado y firmado (con firma digital o en su defecto, con firma manuscrita y escaneo del documento), deberá ser entregado por el alumno en formato pdf en el mismo soporte digital, junto con el resto de archivos integrantes del trabajo.