

GUÍA DE  
MEDICIÓN DE POLVO  
Y MEDIDAS PREVENTIVAS  
EN LA CONSTRUCCIÓN



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL



FUNDACIÓN  
ESTATAL PARA  
LA PREVENCIÓN  
DE RIESGOS  
LABORALES, F.S.P.



FUNDACIÓN  
LABORAL  
DE LA CONSTRUCCIÓN

# ÍNDICE

## 01

### INTRODUCCIÓN

5

## 02

### LA EXPOSICIÓN A POLVO EN LA CONSTRUCCIÓN

2.1.	Clasificación de los tipos de polvo en función del tamaño de partícula. La norma europea EN 481	9
2.2.	Normativa y criterios de referencia aplicados a la exposición de polvo	10
2.2.1.	Tipo de agente químico	10
2.2.2.	Valores límite	11
2.2.3.	Restricción y autorización de sustancias y preparados químicos (REACH)	12
2.2.4.	Enfermedades profesionales asociadas	12

## 03

### ENFERMEDADES DERIVADAS DE LA EXPOSICIÓN

3.1.	Asma ocupacional y agravada por el trabajo	27
3.2.	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)	28
3.3.	Neumoconiosis	28
3.3.1.	Silicosis	28
3.3.2.	Asbestosis, talcosis	29
3.3.3.	Enfermedad pulmonar por metales duros (Widia)	29
3.3.4.	Enfermedad pulmonar por hierro (siderosis)	29
3.4.	Cáncer. Neoplasia, mesotelioma	30

## 04

### MATERIALES QUE GENERAN POLVO EN LA CONSTRUCCIÓN

4.1.	Materiales pétreos	33
4.2.	Materiales metálicos	35
4.3.	Materiales orgánicos	35
4.4.	Materiales fabricados	35

# 05

## PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

5.1.	Cumplimientos normativos a tener en cuenta	39
5.2.	Procedimiento de evaluación de riesgos: estimación inicial del riesgo de exposición a sustancias químicas por inhalación	39
5.2.1.	Cantidad utilizada	40
5.2.2.	Duración/frecuencia de la tarea	40
5.2.3.	Productos utilizados	41
5.2.4.	Pulverulencia	44
5.2.5.	Procedimiento de ejecución del trabajo	45
5.2.6.	Procedimiento de protección colectiva en la ejecución del trabajo	46
5.2.7.	Puntuación y caracterización del riesgo por inhalación	47
5.2.8.	Acciones a realizar en base a la caracterización del riesgo	48
5.3.	Estudio Básico (Según UNE-EN 689, apartado 5.1.4.2)	48
5.3.1.	Selección de las condiciones de medición	48
5.3.2.	Toma de datos de concentraciones de exposiciones reales en el centro	49
5.3.3.	Calculando la estimación de la exposición	53
5.4.	Estudio Detallado (Según UNE-EN 689, apartado 5.1.4.3)	54
5.4.1.	Adecuación de la estrategia al propósito de la medición	55
5.4.2.	Requisitos del procedimiento de medida	56
5.4.3.	Toma de datos. Caracterización del muestreo	56
5.4.4.	Elección del método analítico	58
5.4.5.	Cálculo de la probabilidad de superar un valor de exposición límite	61
5.5.	Controles periódicos de los niveles de exposición	63

# 06

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN

6.1.	Eliminación del peligro y/o posibles sustituciones	66
6.1.1.	Reducción por sustitución	66
6.1.2.	Reducción por cambio de acuerdo a los avances de la técnica y/o de proceso de trabajo	69
6.2.	Eliminación del peligro por un cambio sobre el centro de trabajo.	72
6.2.3.	Priorizar procedimientos de trabajo en sistemas cerrados	72
6.2.2.	Eliminación del peligro cuando no sea posible realizar el trabajo en un sistema cerrado	72
6.3.	Medidas operativas y organizativas	73
6.3.1.	Limpieza de obra	73
6.3.2.	Organización del trabajo	73
6.4.	Medidas preventivas enfocadas a los trabajadores	74
6.4.1.	Equipos de protección respiratoria	74
6.4.2.	Formación e información a los trabajadores	78
6.4.3.	Implantación de procedimientos de buenas prácticas de higiene	79
6.5.	Medidas preventivas por equipo y actividad	80
6.5.1.	Casos prácticos de mediciones de exposición	80
6.5.2.	Casos bibliográficos de mediciones de exposición	87
6.5.3.	Demoliciones, movimiento de tierras. Actividades con maquinaria	88
6.5.4.	Lijado, corte, serrado. Actividades con herramientas	88
6.5.5.	Tareas por oficios	89

# 07

## LEGISLACIÓN Y NORMATIVA DE REFERENCIA

7.1. Normativa vigente Nacional	92
7.2. De carácter específico a la exposición de polvo	94

## ACRÓNIMOS 97

---

## REFERENCIAS 98

---

# A1

## ANEXO 1 101

---

# A2

## ANEXO 2 137

---

El presente manual ha sido desarrollado en el marco del Proyecto N°: AS2018-0107 “Guía de Medición de polvo y medidas preventivas en la construcción”, con la financiación de la Fundación Estatal para la Prevención de Riesgos Laborales F.S.P. (Convocatoria de asignación de recursos del ejercicio 2018). El contenido de dicho manual es responsabilidad exclusiva de la entidad ejecutante y no refleja necesariamente la opinión de la Fundación Estatal para la Prevención de Riesgos Laborales.

Reiterar nuestro agradecimiento a la UTE GLORIAS, formada por OHL, FCC y RUBAU, por colaborar en la ejecución de esta Guía.



01

---

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

**En un manual anterior se abordó la información necesaria para evaluar y controlar la exposición a polvo de sílice cristalina respirable. Este documento pretende abordar la exposición al polvo en el sector de la construcción, su exposición, medición, evaluación y medidas a adoptar.**

Se trata de evaluar la exposición de un aerosol (partículas sólidas o líquidas de tamaño inferior a 100  $\mu\text{m}$  dispersas en el aire) compuesto por **partículas sólidas** procedentes de **procesos físicos de disgregación**. Se escapa del presente manual, por lo tanto, el resto de aerosoles formados por fibras, nieblas, brumas o humos u otras formas de presentarse un agente químico como gas o vapor.

Se pondrán ejemplos prácticos de medición en los casos donde se genera más habitualmente, así como la eficacia de las medidas adoptadas, o la repercusión de esas medidas sobre la protección de los trabajadores.

El objeto de esta guía es la medición de las partículas indicadas como “polvo”, referido a una suspensión de partículas sólidas en el aire generadas por procesos mecánicos; y se diferencia de la “niebla”, que es una suspensión de partículas líquidas en el aire generadas por una acción mecánica sobre un líquido (arrastre de gas, salpicaduras, pulverización) y del “humo”, que se refiere a una suspensión de partículas sólidas en el aire generada en los procesos de combustión incompleta. El humo metálico, corresponde a la suspensión de partículas sólidas en el aire, generadas por la condensación de un estado gaseoso originado tras la sublimación o la volatilización del metal.

Con relación a los efectos que ocasionan los aerosoles (conjunto de contaminantes químicos en forma de partículas sólidas o líquidas en el aire), se puede hablar de aerosol o polvo (según el caso) neumoconiótico, tóxico, cancerígeno, alérgico, etc.

Actualmente se llama “Partículas (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma” a toda la materia particulada para la que no existe evidencia toxicológica sobre la que basar un valor límite ambiental.

Respecto de la naturaleza química de las partículas, se utilizan los términos de “aerosol o polvo” (según el caso) mineral, metálico, químico y orgánico o vegetal.

Para evaluar la exposición a un aerosol, es importante tener en cuenta la forma, naturaleza, composición y origen del aerosol, así como los efectos para la salud que pueden resultar de la exposición. Cuando se realicen las mediciones de las concentraciones del aerosol conviene también considerar todas las propiedades del aerosol (a excepción de los efectos), aunque para la toma de muestra se debe tener en cuenta, en primer lugar, la fracción del aerosol para la que está definido el valor límite.

El objetivo final de esta guía es **recopilar y desarrollar información** que sirva como una herramienta de aplicación para las empresas constructoras y sus trabajadores, acerca de los peligros de la exposición al polvo en el sector de la construcción, así como de las posibles formas de evaluar y adoptar las medidas preventivas que pueden ser puestas en práctica para eliminar o reducir el riesgo.



02

---

LA EXPOSICIÓN  
A POLVO EN LA  
CONSTRUCCIÓN



**A continuación se hace una clasificación de los tipos de polvo generados en la construcción según la composición genérica y así asociarlo con la normativa vigente actualmente desarrollada en España:**

**Polvo de sílice:** la sílice es un mineral natural presente en grandes cantidades en materiales como arena, arenisca y granito. También se encuentra comúnmente en muchos materiales de construcción, como hormigón y mortero. La sílice se rompe en polvo muy fino (también conocido como sílice cristalina respirable o SCR) durante muchas tareas comunes como cortar, taladrar y esmerilar. A menudo se le llama polvo de sílice (consultar también la web <http://silicecristalina.lineaprevention.com/> o la guía <http://www.lineaprevention.com/uploads/proyecto/applications/ARCH5cadcec604731.pdf> para más información).

**Polvo sin sílice:** hay una serie de productos de construcción donde la sílice no se encuentra o está presente en cantidades muy bajas. Los más comunes incluyen yeso, piedra caliza, mármol y dolomita. Este polvo también se mezcla con polvo de sílice al cortar otros elementos como ladrillos.

**Polvo de madera:** la madera se usa ampliamente en la construcción y se encuentra en dos formas principales; madera blanda y dura. Los productos a base de madera también se usan comúnmente, incluyendo MDF (panel de baja densidad, de fibra derivada de la madera) y aglomerado

**Nano-materiales:** Estas partículas pueden ser añadidas al producto (hormigón al que se le añade nano-sílice, o a cementos para cambiar sus características) y las nanopartículas generadas durante los procesos (de corte, lijado, etc.) con la problemática de que no suele venir en las etiquetas de los productos ni en las fichas de seguridad, y mucho menos indicado como producto de proceso. Para más información, consultar la web <http://nanomateriales.lineaprevention.com/nanomateriales> o el manual <http://www.lineaprevention.com/uploads/proyecto/applications/ARCH5cc033c60f8c3.pdf>.

**Polvos metálicos:** partículas originadas de la condensación de humos metálicos originados en procesos con altas temperaturas como la soldadura.



## 2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE POLVO EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA. LA NORMA EUROPEA EN 481

El polvo está constituido por diferentes tamaños de partículas, las cuales son clasificadas en “fracciones de polvo”. Existen tres fracciones de polvo: las **fracciones inhalables, torácicas y respirables, que se definen en la norma europea EN 481** [1] y hacen referencia al punto de

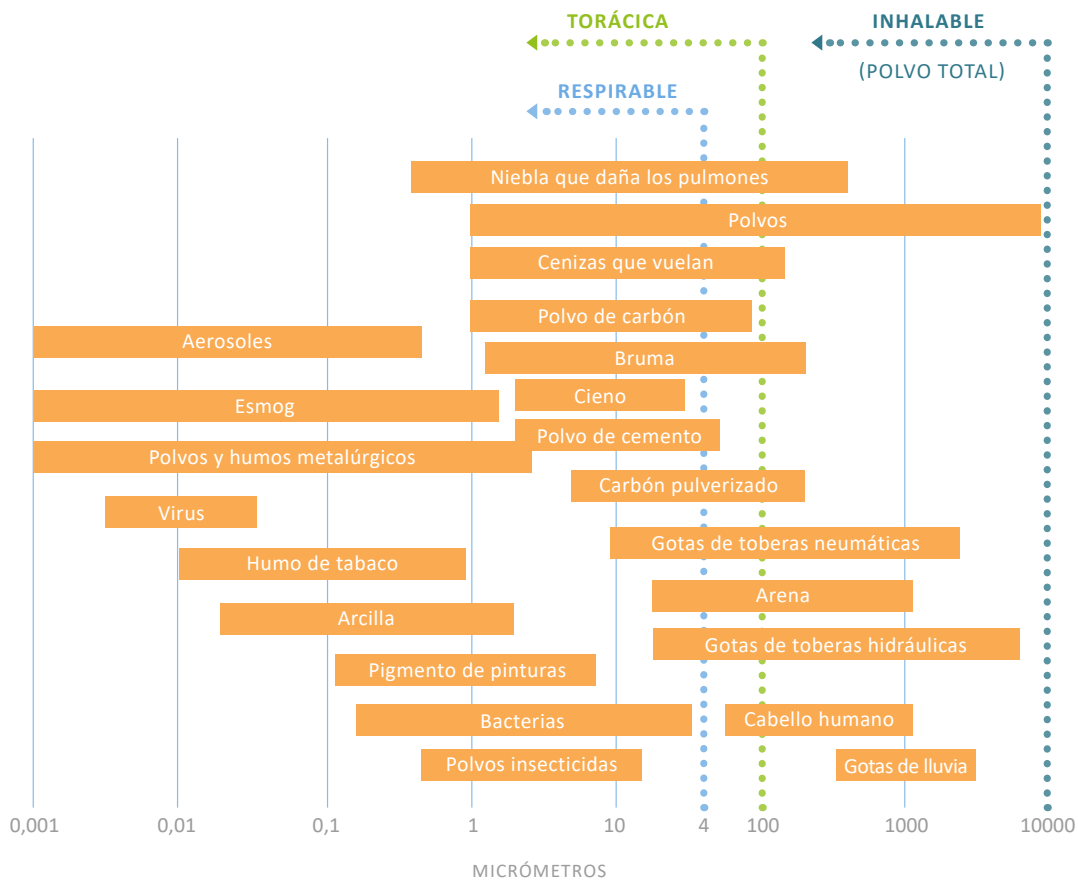
sedimentación de cada una de ellas en el sistema respiratorio humano.

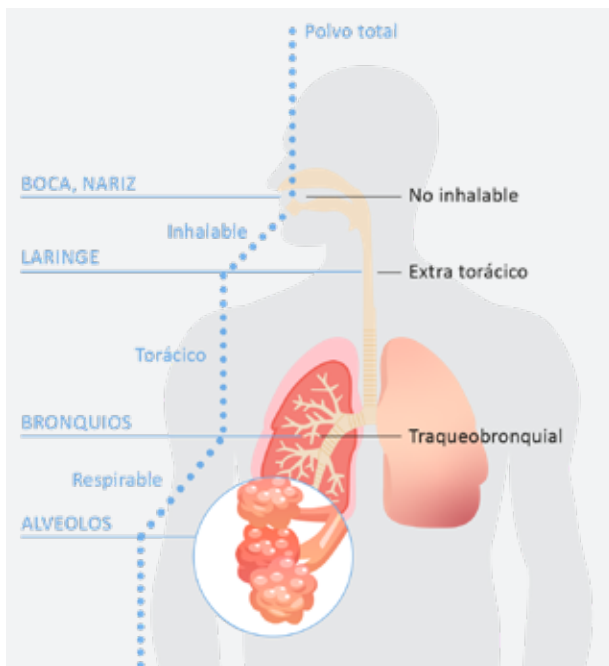
La fracción inhalable es la fracción másica (proporción de la parte total que entra por la nariz) del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca durante la respiración y que, por lo tanto, puede depositarse en cualquier parte del tracto respiratorio.

En la Figura 1 se muestran dichas fracciones en función del tamaño de partícula para sustancias perfectamente conocidas y que ofrece una idea del tipo de partículas que de forma habitual entran en nuestro sistema respiratorio.

Fracciones de polvo (Figura 1)

Fuente: EN 481





Punto de sedimentación de las distintas fracciones en el sistema respiratorio (Figura 2)

Fuente: NEPSI

En la Figura 2 se presenta de forma esquemática los órganos donde se pueden depositar estas partículas. Aquellas partículas que se introducen hasta los bronquios, el cuerpo puede ir eliminando con el tiempo. A partir del nivel traqueobronquial, se acumulan las partículas porque el sistema respiratorio no las puede eliminar, y si la exposición a unas determinadas partículas se extiende en el tiempo, pueden llegar a interactuar con los tejidos alveolares, que es la zona donde se produce el intercambio de oxígeno en sangre.

## 2.2. NORMATIVA Y CRITERIOS DE REFERENCIA APLICADOS A LA EXPOSICIÓN DE POLVO

### 2.2.1. TIPO DE AGENTE QUÍMICO

El Real Decreto 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, indica como obligación del empresario, entre otras, la necesidad de contemplar en la evaluación de riesgos si existieran **agentes químicos peligrosos**, de cumplir los valores límite ambientales (recogidos en el documento de Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España, elaborado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)).

Las obligaciones de los empresarios se recogen 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 o mutágenos** durante el trabajo, donde su aplicación directa es que cuando una sustancia cancerígena o mutágena, se ha detectado en un puesto de trabajo, el decreto es de aplicación, al igual que si no se mide. Una vez realizadas las mediciones, si no se detecta no es de aplicación. Una vez que se tiene que aplicar, hay que realizar todas las indicaciones del artículo 5.5 (medición en todos los puestos, locales, periodicidad a revisar según las mediciones).



En todo caso, se tendrá en cuenta la próxima trasposición de la Directiva 2017/2398 del parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2017, sobre agentes cancerígenos, el 17 de enero de 2020, donde la exposición a sílice cristalina respirable será declarada agente cancerígena y será de aplicación lo indicado en el RD 665/1997.

En la tabla 2 se recogen todas aquellas sustancias que emiten partículas de polvo y que están reguladas por esta normativa.

### 2.2.2. VALORES LÍMITE

Como explica el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) en su documento de límites de exposición [3], los valores límite de los agentes químicos se expresan como “Valores Límite Ambientales (VLA), los cuales son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire.

Se consideran las siguientes categorías de VLA:

- **Valor Límite Ambiental – Exposición Diaria (VLA-ED):** representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales (para otros turnos hay que hacer la adaptación correspondiente), sin sufrir efectos adversos para su salud.
- **Valor Límite Ambiental – Exposición de Corta Duración (VLA-EC):** representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

- **Valor Límite Biológico – Exposición Diaria (VLB):** representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales (para otros turnos hay que hacer la adaptación correspondiente), sin sufrir efectos adversos para su salud. Teniendo que medir en un momento determinado la existencia de un Indicador Biológico (IB) para determinar si existe exposición al agente químico. Estos valores son aplicables solamente si la muestra se realiza en el momento especificado.

Los valores límite para agentes químicos que se presentan como polvo o humos se refieren a la fracción inhalable o respirable. Cuando no aparece ninguna indicación se refieren a la fracción inhalable.

Aquellos agentes químicos en forma de polvo que no tienen un valor límite específico entran en la categoría de “Partículas (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma” y se les aplica un VLA-ED de 10 mg/m<sup>3</sup> para la fracción inhalable y de 3 mg/m<sup>3</sup> en su fracción respirable.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), en el documento Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2019, establece **valores de referencia** para los productos utilizados en la construcción, algunos cancerígenos.

Es a este documento, sobre valores límite de Exposición ambiental, al que hace referencia el RD 374/2001, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. El empresario está obligado a cumplir el artículo 3 del RD, sobre la Evaluación de Riesgos en presencia de agentes químicos peligrosos siempre que se superen los valores límites indicados en dicho documento de “Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2019” del Instituto Nacional

de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).

En la tabla 2 se recogen todas aquellas sustancias que emiten partículas de polvo y disponen de VLA o VLB.

### 2.2.3. RESTRICCIÓN Y AUTORIZACIÓN DE SUSTANCIAS Y PREPARADOS QUÍMICOS (REACH)

El uso de las sustancias químicas está regulado a través de un reglamento de la Unión Europea para ayudar a proteger a los usuarios de productos químicos mediante la restricción de sustancias que haya sido demostrado que para el uso de los seres humanos son nocivos.

**El Reglamento (CE) 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre el registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos** (llamado reglamento REACH) por sus siglas, y por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos (ECHA), ha sufrido modificaciones en su anexo XVII, donde se recogen aquellas sustancias que han sido objeto de restricciones en alguna o todas sus formas de utilización.

En la tabla 2 se recogen todas aquellas sustancias que emiten partículas de polvo y disponen de algún tipo de restricción.

### 2.2.4. ENFERMEDADES PROFESIONALES ASOCIADAS

En el **Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro** y sus modificaciones posteriores, se recogen aquellas sustancias que producen enfermedades producidas por la exposición en el ámbito laboral y las actividades reconocidas que las producen.

En la tabla 1, se han expuesto todas aquellas sustancias que emiten partículas de polvo y están reconocidas como causantes de enfermedades profesionales en los usos que se indican y asociadas a Valores Límite de Exposición Ambiental. En esta tabla se indican las actividades concretas que se pueden asociar al sector de la construcción.

Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
231-072-3/ 7429-90-5	Aluminio: metal en polvo		10	228-sólido inflamable.		<p><b>Neumoconiosis por polvo de aluminio:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricación y manipulación de abrasivos de aluminio.</li> </ul> <p><b>Rinoconjuntivitis</b>, asma, neumonitis de hipersensibilidad, enfermedad, fibrosis y neumopatía intersticial difusa, fiebre de los metales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soldadores.</li> <li>- Aplicación de pinturas mediante aerógrafo.</li> </ul>
215-628-2/ 1332-58-7	Caolín. (Fracción respirable)		2		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mezclado con resinas de poliéster se usa para acabados metálicos en revestimientos protectores</li> <li>- Abrasivos</li> <li>- Materiales cerámicos</li> <li>- Riesgo de aparecer en túneles y obras de excavación en roca (Valor límite para exposición sin amianto ni Sílice cristalina respirable)</li> </ul>	<p><b>Talcosis, silicoalinosis, caolinosis</b> y otras silicosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extracción y tratamiento de minerales que liberen polvo de silicatos.</li> <li>- Trabajos expuestos a la inhalación de talco cuando está combinado con tremolita, serpentina o antofilita (ejemplo de excavación en túneles con rocas plutónicas ultrabásicas como las que se encuentran en Galicia)</li> </ul>

Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
231-148-6/ 7440-38-2	<p><b>Arsénico elemental.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compuestos inorgánicos solubles de arsénico.</li> <li>- Compuestos inorgánicos insolubles de arsénico.</li> </ul>	<p>Cancerígeno (Según RD 1299/2006 por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales: Anexo I. Grupo 6: Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos)</p>	<p>0,01</p> <p>0,01 (V<sub>L<sub>B</sub></sub> - 35µg/l en orina)</p> <p>0,01</p>	<p>331-tóxico en caso de inhalación.</p>	<p>Utilizado como aditivo en aleaciones de plomo y latón, conservante de la madera, tintado de vidrios.</p> <p>Según Reglamento (CE)1907/2006 sobre restricción de sustancias y preparados: Prohibido como producto para conservar la madera salvo que se utilice el vacío o presión para impregnar la madera y se comercialice cuando se haya terminado de fijar el conservante. Se podrá aplicar en esas condiciones de aplicación para puentes, carreteras, estructuras de edificios, postes de transmisión de servicios (electricidad, telecomunicaciones) y traviesas de ferrocarril subterráneo y resulte improbable que alguien entre en contacto con la madera. Este tipo de madera deberá ir embalada con dos tipos de inscripciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para uso exclusivo en instalaciones industriales o tratamiento profesional.</li> <li>- Utilice guantes al manipular esta madera. Utilice una máscara contra el polvo y protección ocular al cortar o trabajar con esta madera. Los residuos de esta madera deberán ser tratados como residuos peligrosos por una empresa Autorizada.</li> </ul>	<p><b>Neoplasia</b> maligna de bronquio y pulmón:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Decapado de metales y limpieza de metales.</li> <li>- Empleo de pinturas que contengan compuestos de arsénico</li> </ul>

Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
231-152-8/ 7440-43-9	<b>Cadmio</b> (estabilizado y pirofónico) (Fracción respirable) (Fracción inhalable)	Cancerígeno (Según RD 1299/2006 por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales: Anexo I. Grupo 6: Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos). - Cancerígeno tipo 1B (se sospecha en humanos en base a pruebas con animales).				<b>Neoplasia</b> maligna de bronquio, pulmón y próstata: - Soldadura y oxicorte de piezas con cadmio. - Aplicación por proyección de pinturas y barnices que contengan cadmio.
	<b>Fluoruro de cadmio</b> (Fracción respirable) (Fracción inhalable)	- Cancerígeno tipo 1B (se sospecha en humanos en base a pruebas con animales). - Mutágeno tipo 1B (se sospecha en humanos en base a pruebas con animales). - Tóxico para la reproducción tipo 1B (se sospecha en humanos en base a pruebas con animales).	0,01 0,002 (VL <sub>B</sub> - 2µg/g en orina, 5 µg/l en sangre)	350-Puede provocar cáncer 330-Mortal en caso de inhalación 372-Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas y repetidas	- Utilizado para proteger el hierro contra agentes corrosivos. - Como aleación para procesos de galvanizado. - Producción de cemento y acero.  Según Reglamento (CE)1907/2006 sobre restricción de sustancias y preparados: - No se admitirán los compuestos de cadmio para colorear artículos fabricados en algunos polivinilos, poliuretano, polietilenos, acetatos, resinas, etc. (ver listado completo) - Pinturas. Y además cuando tenga zinc, debe tener menos de 1% de Cadmio	
	<b>Cloruro de cadmio</b> (Fracción respirable) (Fracción inhalable)					
	<b>Óxido de cadmio</b> (Fracción respirable) (Fracción inhalable)	- Cancerígeno tipo 1B (se sospecha en humanos en base a pruebas con animales).				

Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
233-331-6/ 10124-36-4	<b>Sulfato de cadmio</b> (Fracción inhalable) (Fracción respirable)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cancerígeno tipo 1B (se sospecha en humanos en base a pruebas con animales).</li> <li>- Mutágeno tipo 1B (se sospecha que produce cambio en los genes).</li> <li>- Tóxico para la reproducción tipo 1B</li> </ul>	0,01 0,002 (VL <sub>b</sub> - 2µg/g en orina, 5 µg/l en sangre)	350-Puede provocar cáncer 330-Mortal en caso de inhalación 372-Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas y repetidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso como pigmento de pinturas</li> <li>- Como revestimientos resistentes sobre hierro y acero</li> </ul>	
231-157-5/ 7440-47-3	<b>Cromo</b> Y compuestos inorgánicos de Cr (II) y Cr (III) insolubles		2		Utilizado en aleaciones para mejorar resistencia a la corrosión como en aceros inoxidables.  Lodos de perforación	
231-157-5/ 7440-47-3	<b>Cromo (VI)</b> , compuestos inorgánicos y solubles.	Cancerígeno (Según RD 1299/2006 por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales: Anexo I. Grupo 6: Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos). - Cancerígeno tipo 1B (se sospecha en humanos en base a pruebas con animales).	0,05 (VL <sub>b</sub> - 10µg/l en principio y final semana laboral, 25 µg/l en orina, final semana laboral)	350-Puede provocar cáncer	Soldadura en acero inoxidable y otros metales que contienen cromo.  Utilizado en procesos de protección de metales: cromado  En pinturas como tratamiento antioxidante.  Tratamiento de maderas.	<b>Neoplasia</b> maligna de cavidad nasal, de bronquio y pulmón: - Empleo de pinturas con cromo. - Aserrado y mecanizado de maderas tratadas con cromo. - Aplicación de pinturas y barnices que contengan cromo. - Decapado y limpieza de metales y vidrios. - Trabajos de soldadura y oxicorte de aceros inoxidables.



Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
231-157-5/ 7440-47-3	<b>Carbón, polvo:</b> Antracita (Fracción respirable)		0,4		Antracita: Riesgo de aparecer en túneles y obras de excavación en rocas. Se usa en la fabricación de goma sintética y colorante. Bituminoso: utilizado para fabricar coque y acero (Al determinar concentraciones de polvo de carbón se recomienda también determinar sílice cristalina respirable, que normalmente está asociado al carbón)	<b>Neumoconiosis:</b> - Trabajos que impliquen exposición a polvo de carbón.
	<b>Bituminoso</b> (Fracción inhalable)		0,9			
206-991-8/ 409-21-2	<b>Carborundo</b> (carburo de silicio) (Fracción inhalable) (Fracción respirable)		10 3		- Fibra cerámica y materiales refractarios - Cierres y sellos mecánicos - Componentes eléctricos de alto voltaje y energía - Abrasivo	<b>Silicosis, cáncer de pulmón:</b> Exposición a trabajos por polvo de sílice libre en los que se trabaja con carborundo.
231-159-6/ 7440-50-8	<b>Cobre</b> (Fracción respirable)		0.1 (0,01 en 2021)		- Cables eléctricos (puro y en aleaciones) - Revestimientos en tejados y fachadas. - Elementos de ornamentación. (Fecha de entrada en vigor 2021) - Tratamientos galvanizados para cubrir metales - Conservante de la madera - Decoración de azulejos, cerámica, - Mezclado con materiales para tintura y pigmentos.	Como enfermedad profesional se considera asociado a metales como Níquel, Cadmio, manganeso, zinc, cromo y las actividades asociadas a estos metales como: - Trabajos de soldadura - Trabajos de pintura.  Anexo 2- RD 1299/2006: Enfermedades provocadas por agentes químicos cuyo origen profesional se sospecha.
	<b>Aleaciones de cobre:</b> Bronce, latón, alpaca					
	<b>Sulfato de cobre:</b> cobre no metálico					

Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
12604-58-9	Ferrovandio, polvo		1 3 (VLA-EC)		- Se utiliza para modificar la microestructura del acero porque aumenta la dureza, resistencia mecánica, a corrosión por lo que se consigue disminuir el espesor del acero necesario para obtener una resistencia similar sin el ferrovandio.	
	Maderas duras, polvo (proceden de árboles con flores como cerezo, roble)		5		(introducido como cancerígeno según RD 349/2003, de 21 de marzo)	<b>Neoplasia maligna de cavidad nasal:</b> - Trabajos de acabado de productos de madera, contrachapado y aglomerado. - Lijado de parqué, tarima.
	Maderas blandas, polvo (proceden de árboles sin flores como pino, cedro, abeto)		5			Sustancias de bajo peso molecular (polvo de madera): <b>Rinoconjuntivitis, asma, alveolitis alérgica extrínseca, síndrome de disfunción de la vía reactiva, fibrosis y neumopatía intersticial difusa, :</b> - Acabados de madera, utilización de conglomerados de madera
231-105-1/ 7439-96-5	Manganeso (Fracción inhalable) (Fracción respirable)		0,2 0,05		- Utilizado como aleación de metales: utilizado para prevenir la oxidación y corrosión del acero - Pinturas, cerámicas, vidrio. - Soldadura	<b>Manganeso y sus componentes:</b> - Extracción, preparación, transporte, manipulación y empleo del manganeso - Soldadura con compuestos del manganeso - Soldadura con electrodos de manganeso

Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
310-127-127-6/ 12001-26-2	<b>Mica:</b> silicato de aluminio y hierro (Fracción respirable)		3		- Como aislamiento de elementos de alta tensión. - Fabricación de vidrios térmicamente resistentes. - Pinturas (mejora la resistencia y humectabilidad)  (Por trasposición directa de la Directiva UE 2017/164, por la que se aprueba la cuarta lista de valores límite de exposición profesional indicativos, a partir de 21/08/2018) (Valor límite para exposición sin amianto ni Sílice cristalina respirable)	- Talcosis, silicocaolinos, caolinos y otras silicatosis: trabajos de picado y demolición de rocas que liberen polvo de silicatos
238-877-9/ 14807-96-6	<b>Talco:</b> silicato de magnesio (sin fibras de amianto) (Fracción respirable)		2		-Elementos cerámicos -Barnices y pinturas	- Talcosis, silicocaolinos, caolinos y otras silicatosis: trabajos de picado y demolición de rocas que liberen polvo de silicatos
231-111-4/ 7440-02-0	<b>Níquel</b>	Cancerígeno (Según RD 1299/2006 por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales: Anexo I. Grupo 6: Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos). -Cancerígeno tipo 1B (se sospecha en humanos en base a pruebas con animales).	1	351-Se sospecha que puede provocar cáncer.  Puede provocar sensibilización	Soldadura en acero inoxidable y otros metales que contienen cromo.  En pinturas	<b>Neoplasia maligna de cavidad nasal, de bronquio y pulmón:</b> - Aplicación de pinturas y barnices que contengan níquel. - Desbardado y limpieza de piezas de fundición. - Trabajos de soldadura y oxicorte de aceros inoxidables.

Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
231-107-2/ 7439-98-7	<b>Molibdeno</b> - Elemental, y compuestos insolubles (Fracción inhalable) (Fracción respirable) - Compuestos solubles (Fracción respirable)		10 3 0.5		- Endurecimiento del acero, anticorrosión. - En aceros inoxidables aumenta la tenacidad y resistencia al ataque a compuestos de cloro - El compuesto soluble es usado como catalizador en compuestos orgánicos como los petróleos para eliminar el azufre. (Importante papel en la fijación de nitrógeno en algunas bacterias. Importante para transferencia de oxígeno en el océano)	
215-125-8/ 1303-86-2	<b>Óxido de boro</b>	- Tóxico para la reproducción tipo 1B (se sospecha en humanos en base a pruebas con animales).	10 (VL <sub>B</sub> - Hay valor específico para este compuesto)	360-Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto.	- Utilizado como endurecedor en aleaciones con cobre. - Utilizado para conseguir aceros especiales. - Como abrasivo. - Conservante de madera.	
215-138-9/ 1305-78-8	<b>Óxido de calcio (Ca)</b> (Fracción respirable)		1 (VLA-EC= 4)		- Parte de los morteros y cementos - Blanqueador de paredes - Elementos prefabricados de cal - Estabilización de suelos con humedad	
215-222-5/ 1314-13-2	<b>Óxido de cinc</b> (Fracción respirable)		2 (VLA-EC= 10)		- Parte del esmalte cerámico - Pigmento de pinturas - Revestimiento anticorrosivo para metales en pinturas. - Pueden elaborarse nanomateriales de distinta morfología según para los productos a utilizar. - Puede formar parte del galvanizado de metales	Anexo 2- RD 1299/2006: Enfermedades provocadas por agentes químicos cuyo origen profesional se sospecha.

Nº CE / Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
215-168-2/ 1309-37-1	<b>Óxido de hierro (III)</b> (polvos y humos)		5		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pigmento de pinturas</li> <li>- Para la fabricación de acero y hierro colado</li> <li>- Como abrasivo (cuando se usa la variedad de corindón, (que es un óxido de aluminio) rico en hierro, puede contener otros metales como cromo)</li> </ul>	
215-171-9/ 1309-48-4	<b>Óxido de magnesio</b> (polvos y humos)		10			
	<b>Partículas</b> (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma (Fracción inhalable)  (Fracción respirable)		10  3		<p>Materia particulada para la que no existe evidencia toxicológica sobre la que basar un VLA. No obstante, se recomienda mantener las exposiciones por debajo del valor límite genérico indicado.</p> <p>Dicho valor límite solo es aplicable a las materias contaminantes particuladas que cumplan los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Que no tenga un VLA específico</li> <li>- Que sean insolubles o poco solubles en agua.</li> <li>- Que tengan baja toxicidad, es decir que no sean: citotóxicos, genotóxicos, ni reaccionen químicamente con el tejido pulmonar, ni emitan radiaciones, ni sensibilización, ni ningún otro efecto tóxico distinto del que se pueda derivar de la acumulación en el pulmón.</li> </ul>	

Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
231-100-4/ 7439-92-1	<b>Plomo elemental y compuestos orgánicos</b>	<p>Cancerígeno (Según RD 1299/2006 por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales: Anexo I. Grupo 6: Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos)</p> <p>- Tóxico para la reproducción tipo 1A (se sabe en base a pruebas en humanos).</p>	0,15 (VL <sub>B</sub> - 70µg Pb/100ml de sangre)		<p>- Trabajos con soplete de materias recubiertas con pinturas con plomo</p> <p>- Trabajos de demolición, fontanería, etc. cuyos materiales contengan plomo.</p> <p>Cuando exista una exposición ambiental ponderado a 40h/semana que supere 0,075 mg/m<sup>3</sup> o el nivel en sangre supere 40 µg/100ml se deberá realizar una vigilancia médica. (según Anexo II RD 374/2001 sobre riesgos a agentes químicos)</p> <p>No se admitirán como sustancias y componentes de preparados destinados a ser utilizados como pinturas, excepto para la restauración y mantenimiento de obras de arte, así como de edificios históricos y de los interiores de estos (Según Reglamento (CE) 1907/2006 sobre restricción de sustancias y preparados químicos)</p>	
238-455-4/ 14464-46-1	<b>Sílice cristalina:</b> Cristobalita y tridimita	- Cancerígeno tipo 1A ((se sabe en base a pruebas en humanos).	0,05		- Presente en rocas volcánicas principalmente, se utiliza para formación de cementos, hormigones.	<p><b>Cáncer de pulmón y silicosis:</b></p> <p>- Trabajos en túneles, excavaciones, demoliciones.</p> <p>- Trabajos de pulido, lijado corte.</p> <p>- Trabajos con chorro de arena.</p>

Nº CE/ Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
238-878-4/ 14808-607	<b>Sílice cristalina:</b> Cuarzo	- Cancerígeno tipo 1A ((se sabe en base a pruebas en humanos).	0,05* (* Aplicable a minería) 0.1* (* Aplicable según Directiva (UE) 2017/2398 a partir de 17/01/2020)		- Componente principal de los materiales de construcción como la arena, cemento, hormigón, arcilla, cerámica.	<b>Cáncer de pulmón y silicosis:</b> - Trabajos en túneles, excavaciones, demoliciones. - Trabajos de pulido, lijado corte. - Trabajos con chorro de arena.
231-900-3/ 7778-18-9	<b>Sulfato de calcio</b> -anhidro (forma el mineral anhidrita)		10		- Forma parte de materiales de construcción. - Cemento portland. (Este valor es para materia particulada que no contenga amianto ni sílice (<1%))	
231-900-3/ 10034-76-1 10101-41-4 13397-245	<b>Sulfato de calcio:</b> -semihidratado, -dihidratado -yeso		10		- Dependiendo de la temperatura de deshidratación, se obtienen diferentes tipos de yeso con características de dureza y fraguado diferentes. - Yeso: Uso como guarnecido, enlucido, revocos, estucos, escayolas. (Este valor es para materia particulada que no contenga amianto ni sílice (<1%))	

Nº CE / Nº CAS	AGENTE QUÍMICO	Tipo de agente	VALORES LÍMITE VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	INDICACIONES DE PELIGRO H	POSIBLE USO EN CONSTRUCCIÓN/ (NOTAS)	Enfermedad profesional asociada (RD1299/2006 y modificaciones)
	<b>Metal duro</b> (o acero de Widia)				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos en los que exista la posibilidad de inhalación de metales sinterizados, compuestos de carburos metálicos de alto punto de fusión y metales de ligazón de bajo punto de fusión (Los carburos metálicos más utilizados son los de titanio, vanadio, cromo, molibdeno, tungsteno y wolframio; como metales de ligazón se utilizan hierro, níquel y cobalto).</li> <li>- Trabajos de mezclado, tamizado, moldeado y rectificado de carburos de tungsteno, titanio, tantalio, vanadio y molibdeno aglutinados con cobalto, hierro y níquel.</li> <li>- Pulido de metales</li> </ul>	<b>Neumoconiosis, siderosis</b>
	<b>Sustancias de alto peso molecular</b> (sustancias de origen vegetal, animal, microorganismos, y sustancias enzimáticas de origen vegetal, animal y/o de microorganismos)				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos en los que exista exposición a los agentes mencionados, relacionados con la construcción.</li> <li>- Aplicación de pinturas.</li> </ul>	<b>Rinoconjuntivitis</b> <b>Asma</b> <b>Neumonitis de hipersensibilidad</b> <b>Síndrome de disfunción reactivo de la vía aérea</b> <b>Fibrosis y neumopatía intersticial difusa</b>
	<b>Sustancias de bajo peso molecular</b> (metales y sus sales, polvos de maderas, productos farmacéuticos, sustancias químico plásticas, aditivos, etc.)				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación de pinturas, lacas, esmaltes.</li> <li>- Soldadores.</li> <li>- Trabajos de aislamiento y revestimiento.</li> </ul>	<b>Rinoconjuntivitis</b> <b>Asma</b> <b>Neumonitis de hipersensibilidad</b> <b>Síndrome de disfunción reactivo de la vía aérea</b> <b>Fibrosis y neumopatía intersticial difusa</b>

**Tabla 1:** Sustancias que emiten partículas de polvo clasificadas según sean cancerígenas, mutágenas, sensibilizantes, por sus indicaciones de etiquetado, por las restricciones en su uso y por las enfermedades profesionales asociadas. (Fuente: Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España [3], Real Decreto 1299/2006 por el que se aprueba el cuadro de

enfermedades profesionales y sus modificaciones [4], 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 [5], Real Decreto 665/1997 sobre protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos en el trabajo [6]





03

---

ENFERMEDADES  
DERIVADAS DE  
LA EXPOSICIÓN

La exposición de los trabajadores al polvo puede darse en cualquier puesto de trabajo en el que se genere polvo a partir de materiales de diverso contenido y permanezca en suspensión el tiempo suficiente.

La respuesta a nivel individual al polvo, depende de:

- La naturaleza (tamaño y composición) de la partícula generada.
- La fracción de polvo (porcentaje de aerosol que penetra en los alveolos, según el tamaño de la partícula), está estipulado que para unas condiciones normales de viento, el 50% del aerosol contiene partículas de  $4\mu$  (según UNE EN 481 [1]) que son las capaces de llegar a los alveolos.
- La duración, frecuencia e intensidad de la exposición. Las exposiciones crónicas o agudas pueden dar diferentes manifestaciones patológicas.
- Características fisiológicas individuales. Esto es, posibles enfermedades o carencias respiratorias previas como bronquitis mal curadas, etc.
- Hábitos de fumador del trabajador.
- La presencia de varios contaminantes al mismo tiempo que puedan potenciar los efectos de alguno de ellos.

Esto lleva a clasificar las enfermedades profesionales según se produzcan estas interferencias en el trabajador, según la OIT (Organización Internacional del Trabajo [7]) en:

1. Enfermedades cuya única causa es la exposición a la sustancia en el ambiente laboral.
2. Enfermedades causadas por varios factores, aunque la causa principal es la exposición laboral.
3. Enfermedades que se manifiestan cuando un trabajador susceptible a padecerlas, son expuestas.
4. Enfermedades preexistentes que se agravan con la exposición laboral.

Dependiendo de dónde o cómo afecte al sistema respiratorio, las enfermedades derivadas de la exposición ocupacional también se pueden dividir en:

1. Enfermedades en las vías aéreas:
  - Rinitis, traqueítis.
  - Bronquitis, bronquiolitis.
  - Asma.
  - EPOC.
  - Síndrome de disfunción reactiva de vías aéreas.
2. Enfermedades en los tejidos de los órganos del sistema respiratorio:
  - Neumoconiosis.
  - Alveolitis alérgicas extrínsecas.
  - Fibrosis pulmonar intersticial.
  - Neumonitis tóxicas.
  - Edema de pulmón.
  - Tuberculosis.

### 3. Enfermedades sobre la Pleura (zona de intercambio de gases) no malignas:

- Placas pleurales.
- Derrame pleural no maligno.
- Mesotelioma.
- Tuberculosis.

### 4. Neoplasias (enfermedades pleurales malignas):

- Cáncer de pulmón.
- Mesotelioma.

Para poder realizar una estimación adecuada de los efectos sobre la salud de los trabajadores de las condiciones de trabajo, el sistema de vigilancia de la salud deberá poder cotejar los datos acerca de la exposición de los trabajadores a productos químicos y sustancias (mediciones ambientales e individuales), tareas de trabajo, cambios de tareas, así como de los efectos que sobre la salud producen dichas exposiciones.

A continuación, se exponen las enfermedades respiratorias más habituales asociadas a la exposición de polvo en el trabajo.

## 3.1. ASMA OCUPACIONAL Y AGRAVADA POR EL TRABAJO

El asma es una enfermedad respiratoria crónica, caracterizada por una inflamación de las vías aéreas. Sus síntomas incluyen falta de aire severa, sibilancias, tos, opresión en el pecho, que puede impedir que cualquier trabajador haga las tareas más simples, algunas veces implica que no puedan volver a trabajar.

Otras condiciones asociadas son: rinitis (estornudos / secreción nasal por inflamación del revestimiento de las fosas nasales), conjuntivitis (picazón e inflamación de los ojos rojos). Si un trabajador desarrolla rinitis, tendrá mayor riesgo a padecer asma ocupacional.

El asma ocupacional es una obstrucción de las vías, o una reacción ante un producto tóxico, y que no se produce exposición fuera de la actividad laboral. Este estado es reversible parcial o totalmente, bien de forma espontánea o con tratamiento. Los síntomas pueden desarrollarse inmediatamente después de la exposición a una sustancia en el lugar de trabajo. Pero a veces los síntomas aparecen varias horas después, posiblemente de noche. Esto puede hacer que cualquier vínculo con las actividades en el lugar de trabajo no esté claro.

Cuando el trabajador presenta asma por presencia de otros desencadenantes no relacionados con el trabajo, como ácaros, ejercicio físico y es expuesto a un producto tóxico o irritante, se produce el asma agravado por el trabajo.

Los productos habituales relacionados con estas dolencias son los producidos por soldaduras de aleaciones de metales, polvo de madera y los metales contenidos en las pinturas y barnices.

La reacción del sistema respiratorio ante la presencia de productos tóxicos e irritantes es por un mecanismo inmunológico. Esto quiere



decir que el trabajador se acaba sensibilizando a la exposición y cumplido un tiempo de latencia, el cuerpo reacciona al volver a exponerse con los síntomas de asma. Esta reacción a la exposición puede ser difícil de diagnosticar en el caso del asma agravada por el trabajo.

Los llamados sensibilizadores respiratorios, pueden causar un cambio en las vías aéreas de las personas, conocido como el “estado hipersensible”.

No todas las personas que se sensibilizan desarrollan asma. Pero una vez que los pulmones se vuelven hipersensibles, una mayor exposición a la sustancia, incluso a niveles bastante bajos, puede desencadenar un ataque.

Cuando se utilizan productos químicos, se pueden buscar las frases de peligro “H” en las etiquetas del producto o en las fichas de seguridad. Las frases pueden ser:

- **H304**- Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
- **H330**- Mortal en caso de inhalación.
- **H331**- Tóxico en caso de inhalación.
- **H332**- Nocivo en caso de inhalación.
- **H334**- Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
- **H335**- Puede irritar las vías respiratorias.
- **H350**- Puede provocar cáncer (indicado de vía de exposición).
- **H370, H371, H372, H373**- provoca o puede provocar daños a órganos con la exposición, prolongada o repetida.

---

## 3.2. ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (EPOC)

---

Es una inflamación de las paredes bronquiales que normalmente no es reversible. Aunque el origen principal de esta enfermedad se asocia a los trabajadores con hábitos de fumador, en lo relacionado a la exposición laboral se asocia al contacto con polvo inorgánico. Los casos de enfermedad se producen con mayor frecuencia cuando se combinan ambas circunstancias.

Se relaciona a la exposición reiterada a las sustancias tóxicas, con asma crónica, con expectoración excesiva de la mucosa bronquial, obstrucción del flujo aéreo.

La forma avanzada puede dar como resultado bronquitis crónica o enfisema (bronquios o alveolos dañados de forma irreversible).

---

## 3.3. NEUMOCONIOSIS

---

Son enfermedades producidas por la inhalación de diferentes minerales que producen daños permanentes en los tejidos pulmonares como consecuencia de la acumulación de polvo en los alveolos, lo que provoca una fibrosis o deterioro permanente de éstos.

En función de la sustancia específica se denomina de diferente forma:

### 3.3.1. SILICOSIS

Cuando la sustancia inhalada es la sílice cristalina (a diferencia de la amorfa que no tiene estructura, como el vidrio), siendo la forma más habitual el cuarzo.

Prácticamente presente en mayor o menor medida en cualquier formación rocosa, la sílice puede suponer desde el 1-2% en rocas calizas o mármol hasta del 98% en la arena de río, por lo que su exposición es bastante habitual dependiendo de las condiciones de trabajo.

Se puede confirmar que la exposición a lo largo de la vida laboral a esta sustancia puede provocar la aparición de la enfermedad en diferentes estados, desde silicosis simple, masiva, aguda, etc. dependiendo del tiempo de exposición y cantidad de exposición.

En ocasiones se puede encontrar asociado a tuberculosis y EPOC, ya que aumenta la posibilidad de infección bacteriana al existir zonas dañadas de las vías aéreas que no hacen su intercambio gaseoso de forma adecuada, de igual forma esas zonas no se limpian de otras infecciones fácilmente.

### 3.3.2. ASBESTOSIS, TALCOSIS

Son las enfermedades del sistema bronquial producidas por la exposición continuada de otros minerales como los silicatos (asbesto y talco).

El estudio de la asbestosis ha sido ampliamente estudiado y existe numerosa bibliografía y controles al respecto, por lo que no se añadirá más información aquí al respecto.

No sucede lo mismo con otras exposiciones producidas entre los trabajadores de albañilería que tienen que manejar baldosas y piezas de cerámica con asiduidad que contienen otros silicatos como el talco o caolín, el talco también puede comercializarse en estado fibroso, la exposición nociva se incrementa cuando se introducen cerámicas que para aumentar su resistencia al fuego, son calentadas por encima de los 1.000 grados con producción de la variedad cristalina del cuarzo de cristobalita, un comprobado y potente cancerígeno.

Es bastante habitual además, que la propia composición del talco sea una proporción de

asbesto y cuarzo, puesto que el magnesio de su composición pura es sustituido en el propio filón por calcio, silíceo, aluminio, hierro, etc. de otros minerales.

En las neumoconiosis por talco puro, se detecta que no existe tanta enfermedad invalidante como en las exposiciones producidas por talco mezclado, donde se producen deterioros con progresión cancerígena. [8]

### 3.3.3. ENFERMEDAD PULMONAR POR METALES DUROS (WIDIA)

La exposición al polvo producido por tareas de corte o pulido de elementos que contengan mezcla de metales como el tungsteno, cobalto, níquel y cromo entre otros (nombre comercial de producto más conocido como widia), puede provocar una reacción en su sistema respiratorio motivado por la susceptibilidad individual más que por la cantidad de polvo acumulado en sus vías respiratorias.

Esta reacción puede ir desde una neumonitis subaguda (inflamación superficial de los pulmones), hasta la fibrosis pulmonar.

### 3.3.4. ENFERMEDAD PULMONAR POR HIERRO (SIDEROSIS)

Cuando se desprenden por soldaduras polvos sin contaminar, provoca la aparición de la neumoconiosis por hierro (siderosis) sin asociar a otras patologías.

El problema es que en ocasiones se mezcla con otras sustancias relacionadas con el material de aporte o soldado, por lo que entonces produce ya otras alteraciones que no suelen ser tan benignas (se asocian a la aparición de cáncer).

### 3.4. CÁNCER. NEOPLASIA, MESOTELIOMA

Aunque la principal causa de exposición a un cancerígeno es el tabaco, en lo relacionado a la exposición de sustancias cancerígenas en el trabajo, existe una plataforma CAREX-CAT (CARcinogen EXposure), que es un sistema de información que permite estimar el número de trabajadores expuestos según el agente cancerígeno a la actividad económica.

En estos momentos, el sistema de información en España, se realiza a través de la Red Española de Registros de Cáncer (REDECAN), y que engloba CAREX-esp y otras estadísticas, hay una falta de datos específicos sobre la incidencia real de cáncer [9] teniendo en cuenta el largo período de latencia del agente hasta la aparición de la enfermedad, y con el agravante de que en ocasiones se enmascara con otros agentes como el tabaquismo, hereditarios, etc.

No obstante, en el informe CAREX-España 2004 [10], se informa que los trabajadores expuestos a sustancias cancerígenas es de 2.481.282, donde >1.000.000 están expuestos a sílice cristalina respirable, 250.000 a polvo de madera, 150.000 a fibras minerales artificiales. Para estas estimaciones se utilizaron estimaciones de trabajadores expuestos sin aclarar muy bien a qué niveles se referían para considerarlo como exposición, y teniendo en cuenta que la evaluación del nivel de exposición en el ámbito laboral no estaba muy extendida.

En la tabla 2 se añaden los datos recogidos en el informe en relación a la exposición a distintos agentes .

Exposición laboral a agentes cancerígenos según base de datos CAREX-esp (Tabla 2)

Fuente: [10]

AGENTE QUÍMICO		ESTIMACIÓN DE PERSONAS EXPUESTAS
AS	Arsénico y compuestos de arsénico	8.040
ASB	Amianto	53.256
CD	Cadmio y compuestos de cadmio	34
CERF	Fibras cerámicas	3.213
CR6	Compuestos de Cromo VI	8.280
DEE	Humo de motor diésel	43.430
ETS	Humo de tabaco (ambiental)*	223.333
FORM	Formaldehído	6.442
GLWO	Fibras minerales artificiales	160.886
MCHL	Cloruro de metileno	1.615
NICO	Componentes del níquel	6.734
SILI	Sílice cristalina	1.087.804
WOOD	Polvo de madera	253.397

\*Dato previo a la Ley 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco, que limita el consumo de tabaco en los lugares públicos como los centros de trabajo.

Para la Vigilancia de la Salud, una vez conocida la enfermedad del trabajador se tendrá que conocer la exposición a tóxicos conocidos en alta concentración, si es un trabajo que haya tenido lugar en un corto período de tiempo, o en menor concentración durante un largo período de tiempo.

Es también un dato a considerar que la existencia previa de otras enfermedades pulmonares como EPOC o neumonía puede favorecer la aparición de cáncer, aunque el hecho de padecer dichas enfermedades no implica el desarrollo de cáncer posterior.

Aunque los procesos de generación de cáncer y mutaciones genéticas está todavía en estudio, ac-

tualmente se consideran dos mecanismos, uno que induce cáncer al involucrar mutaciones (causados por sustancias genotóxicas), y otro que lo induce por otros medios (sustancias no genotóxicas) como, por ejemplo, sustancias que promueven la generación tumoral. Estos mecanismos pueden alterar la programación genética de cada organismo para desarrollar los procesos cancerígenos.

Una vez alterada la programación genética, las células pasan a realizar un crecimiento, desarrollo y funciones anómalas, pudiendo ser células malignas que se multiplican desarrollando estas funciones anómalas a lo largo de todos los tejidos y órganos que alcancen a través del torrente sanguíneo o linfático (metástasis).





04

---

MATERIALES  
QUE GENERAN  
POLVO EN LA  
CONSTRUCCIÓN



## 4.1. MATERIALES PÉTREOS

### ÁRIDOS

Como base para el hormigón no se emplearán de composición de calizas blandas, feldspatos, yesos o rocas friables o porosas. Pueden obtenerse de machaqueo o de cantos rodados de río. Éstos últimos suelen ser de composición más pura sin mezcla de arcillas.

**Arena:** su principal composición es la sílice, aunque puede variar con otros minerales. Forma parte del vidrio y aislantes, de cementos, morteros, hormigón, etc.

- **Vidrio:** compuesto por fundición de arena de sílice (compuesto por sílice amorfa, sin estructura cristalina), carbonato de sodio y caliza (vitrificante, fundente y estabilizante, respectivamente). Puede contener óxidos de aluminio y magnesio que agregan otras características como resistencia, coloración.

**Grava:** rocas de composición variable, dependiendo del uso, tiene que ser granítica. Hace alusión a tamaño de grano, no a composición, por lo que también se puede utilizar la **gravilla**, que es de tamaño algo menor. Al igual que la arena tiene una composición en sílice cristalina muy alta.

### ARCILLA

Contiene sílice y alúmina. Es un material plástico maleable al contener una proporción importante de agua. Aunque se trabaje con arcilla bastante pura, el contenido en sílice suele ser suficiente como para suponer una exposición peligrosa a los trabajadores que no tomen medidas.

Se usa para construcción de ladrillos (arcilla cocida y endurecida, se puede presentar

en ladrillo macizo, perforado, hueco), tejas, gres, azulejos. Puede utilizarse sin ningún procesamiento (roca arcillosa) en la construcción de presas, por ejemplo.

**PIEDRA** de distintas composiciones:

**Granito:** roca compuesta principalmente por cuarzo (sílice cristalina), feldspato y mica (minerales de distintas proporciones de aluminio, hierro, calcio, dependiendo del origen). Se utiliza para aplacados, encimeras, losas, adoquines, bordillos, cemento, balasto, malecones, ornamental. La mica se utiliza para revestimiento de electrodos, y otras variedades minerales como aislante.

**Mármol:** rocas compuestas principalmente por carbonato cálcico, es una piedra caliza endurecida al haber sido sometida a altas presiones y temperaturas en el interior de la tierra. Se utiliza para revestimientos, losas, baldosas. En pequeñas dimensiones se utiliza como parte de terrazos y otros usos ornamentales.

**Pizarra:** roca también de composición variable similar a las arcillas. Tiene habitualmente una mezcla de sílice cristalina, óxidos de hierro, silicatos. Se utiliza para cubiertas, suelos, chimeneas, etc. En forma de polvo se utiliza como relleno de pinturas anticorrosivas o aislantes, o productos bituminosos para pavimentar carreteras.

**Corindón:** Igual que la arena, es un abrasivo natural muy utilizado, con un alto contenido en metales. Es un óxido de aluminio, aunque suele presentar otros metales en forma de impurezas de forma muy habitual como hierro, cromo, etc.

### CAL

Compuesto por óxido de calcio, se obtiene de la calcinación de las rocas calizas. Utilizado como conglomerante en los morteros, mezclado con arcilla para fabricar cemento.



### YESO

Compuesto por azufre y calcio. Forma parte de guarnecidos y enlucidos. Se utiliza para formar escayolas, que se suelen colocar en techos y molduras, en su forma deshidratada se usa para fabricar cemento tipo Portland, aparece también en productos de mármol artificial, esmalte en pinturas, y otros muchos usos no relacionados con la construcción.

Mezclado con cartón se forma el panel de yeso, también conocido como placa de cartón-yeso.

### CEMENTO

Se obtiene de piedra caliza añadido con otros óxidos como arcilla calcinada o cenizas volcánicas u orgánicas, según el uso que se le vaya a dar. Se usa como conglomerante de terrazo, piedra artificial, fibrocemento, etc.

El cemento mezclado con arena para formación de mortero utilizado para enfoscados.

El cemento mezclado con aditivos como la cal, forma morteros monocapa o un cemento de características plásticas, para revestimientos.

Mezclado con arena, agua y grava se forma el hormigón, que se puede utilizar sólo como relleno, armado para estructuras, con fibra de vidrio, o para formar bloques.

El cemento portland, es el más utilizado como aglomerante del hormigón y se obtiene de la pulverización del Clinker y sulfato de calcio, así como otros aditivos que hacen variar sus características como resistencia, solidificación, etc.

El cemento puzolánico, es el mezclado con una fina ceniza volcánica que permite fraguar al hormigón incluso debajo del agua.

### LANA DE ROCA

Llamada comúnmente lana de vidrio, varía de composición, pero la más frecuente es la roca basáltica, además puede ser de granito, calcita, pizarra, y contener escorias de hierro y acero. Compuesto principalmente por fibras. Se usa como aislante térmico-acústico.

## 4.2. MATERIALES METÁLICOS

### ALUMINIO:

Es un metal no ferromagnético. De baja densidad y resistencia a la corrosión. Se puede presentar en aleación para aumentar la resistencia mecánica. Es buen conductor de la electricidad y calor.

Actualmente se está utilizando para aliviar el peso en vigas de acero, tubos de andamio.

En aleación de 78% de zinc y 22% de aluminio resulta muy plástico y permite la soldadura por puntos y fusión.

### ÓXIDOS METÁLICOS DE HIERRO, MANGANESO, CROMO, ZINC, ETC

Pueden ser el resultado de la condensación en partículas de componentes de soldadura, al estar presente como base de las piezas soldadas, del recubrimiento o del material de aporte.

## 4.3. MATERIALES ORGÁNICOS

### MADERA

El componente principal de la madera es la celulosa.

Aunque el tipo de madera puede dar lugar a distintos tipos de exposición (la que procede de árboles con flores, llamada madera dura, fue declarada como agente cancerígeno), para su control a la exposición habrá que tener en cuenta también los compuestos químicos que se añaden para tratar y conservar a la madera, como pueden ser disolventes, tintes, lacas, pinturas, colas, barnices, catalizadores, insecticidas y fungicidas.

Su utilización en la construcción está extendido desde la utilización como sistema constructivo (estructuras de madera en edificios), encofrados, vías de ferrocarril, mobiliario, etc.

La madera se puede presentar en formas distintas a su forma natural extraída del árbol, como puede ser en contrachapado, aglomerado de madera y OSB (tableros de virutas orientadas), madera cemento, láminas de harinas de madera o corcho, etc. que añaden otros componentes como son plásticos, pegamentos, cementos, etc.

## 4.4. MATERIALES FABRICADOS

Aunque en este apartado se podrían poner una larga lista de productos, se han elegido los que son utilizados con más asiduidad en la construcción y emiten partículas de polvo.

### ASFALTO

Material constituido por asfaltenos, resinas y aceites. Se usa como aglomerante mezclado



con arena o gravilla para cubrir vías de circulación, o como impermeabilizante. Los materiales asfálticos se clasifican según el vehículo que se emplea para su aplicación o incorporación al proceso.

### NANOMATERIALES

Son partículas que pueden incluirse en productos para cambiar sus características esenciales, como en pinturas, asfalto, etc.

La exposición a partículas de nanomateriales se puede producir a partir de materiales que contengan previamente nanopartículas o generados de forma natural en procesos derivados de los trabajos de construcción.

La composición más habitual es de óxidos de silíceo, titanio, hierro, grafeno, carbono, etc., dependiendo del origen y uso.

### CINC

Este mineral se utiliza en forma de chapas lisas y onduladas, en canalones, tubos, limahoyas, cornisas, depósitos, etc. ya que presenta un alto grado de resistencia a la humedad y la corrosión, como aislante, y en combinación con hierro, como parte protectora del hierro, o encima de éste, como parte del galvanizado.

### ACERO

Aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de silicio, fósforo, azufre y oxígeno.

Se fabrica en perfiles con sección en I, H o T, barras circulares o corrugadas, planchas, alambre, mallas, armaduras, etc. dependiendo del uso que tenga.

### PINTURA

Compuesta por los pigmentos en forma de polvo, aglutinantes en forma líquida o sólida, disolventes que aglutinan o fluidifican, plastificante. Se le puede agregar diluyentes para hacer que el aspecto del producto varíe. La composición química de los disolventes y diluyentes puede ser una proporción variable de tolueno, alcohol

metílico, cetonas, hexano, alcoholes, xileno, ésteres, etc. Y deben evitar la existencia de sedimentos o separación de los componentes.

Según su **finalidad**, se pueden distinguir:

**Pinturas de preparación de soporte:** selladoras, imprimadoras, tapa poros, masillas y plastes. Algunos casos concretos pueden ser:

- **Pinturas antioxidantes:** independientemente del aglutinante o disolvente, se le añaden pigmentos inhibidores de la corrosión como pueden ser el minio de plomo, óxido de cinc, óxido férrico, sulfato de plomo, etc.

- **Pinturas ignífugas:** se componen de elementos no ignífugos como pueden ser algunos silicatos y otras sales

**Pinturas de cubrición:** se aplican en una capa intermedia, son pinturas que aportan espesor y protección.

**Pinturas de acabado:** son las que dan el aspecto final y aportan además alguna característica más de protección, por ejemplo contra intemperie, hongos, etc.

A su vez estas pinturas se pueden diferenciar según el tipo de acabado en:

- **Pinturas brillo medio,** satinado o mate.

- **Esmaltes** también con aspecto brillante, satinado o mate.

- **Barnices,** aportan una película transparente que puede ser coloreada, incolora, brillante o satinada.

Según los **disolventes** se pueden distinguir:

**Pintura al agua:**

- **Pintura plástica:** utilizada para cubrir superficies expuestas a humedad, pero no con agua directo. Puede tener acabado mate, satinado o brillante. Se aplica sobre yeso, cemento, etc. Se compone de resinas sintéticas o acrílicas

(estireno, acetato de polivinilo, etc.) en emulsión, agua y pigmentos

- **Pintura al temple:** pintura utilizada para interiores, permeable, porosa, aspecto mate. Compuesta por colas vegetales o animales, agua y pigmentos de carbonato y sulfato de calcio. Se aplica con brocha, rodillo, pistola.
- **Pintura a la cal:** muy adecuada para exteriores también por resistir lluvia. No se puede aplicar sobre yesos, maderas o metales y es muy corrosiva. Se compone de una base de cal hidratada, agua y pigmentos de cal apagada. El producto se suele comercializar en polvo, listo para mezclar con agua. Presenta una alta causticidad, por lo que no se debe poner en contacto con ninguna parte del cuerpo.
- **Pintura al cemento:** muy resistente al desgaste y erosión. Se utiliza para exteriores con superficies rugosas y porosas. Se aplica en polvo y hay que aplicarlo inmediatamente de emulsionar con agua para que no fragüe. Se aplica con brocha habitualmente. Se compone de una base de cemento blanco o común, puede llevar cal, agua y pigmentos resistentes a la cal.
- **Pintura al silicato:** compuesta por una base de silicato potásico, agua y pigmentos inorgánicos. Se utiliza como cubrición de superficies muy expuestas, se mineraliza sobre soportes con sílice, por lo que se utilizan para restaurar fachadas estucadas. Esta pintura presenta una alta peligrosidad en su aplicación, al ser muy nocivo su contacto.
- **Algunas pinturas acrílicas y epoxi:** compuesta por resinas acrílicas, agua y pigmentos. Muy resistente a la intemperie y transpirable.

#### **Al aguarrás o disolventes derivados de hidrocarburos:**

**Pintura al aceite:** compuesto por una base de aceites, como linaza o teka, un disolvente tipo aguarrás y pigmentos y aditivos de varios

tipos. En la actualidad, se utiliza prácticamente solo como base de imprimación anticorrosiva.

**Esmaltes y barnices grasos:** compuestos por aceites y resinas naturales o sintéticas, disolventes de hidrocarburos y pigmentos. Se utilizan principalmente como protectores de madera.

**Esmaltes y barnices sintéticos:** se componen de aceites y resinas alcídicas, disolvente de hidrocarburos y pigmentos. Presenta una rápida evaporación de disolventes

#### **Otros disolventes:**

- **Pinturas de clorocaucho:** Es una resina sintética obtenida del tratamiento del caucho en cloro con disolventes de aceite que facilita el secado. Utilizadas como impermeabilizante sobre elementos de cemento, señalización de carreteras, etc.
- **Pinturas epoxi:** pintura de dos componentes que hay que unir para su aplicación. Son la resina y pigmentos con el catalizador, que es una mezcla de poliamidas. Son utilizados para revestir superficies que deban sufrir grandes abrasiones o productos ácidos, como puedan ser suelos de naves industriales, garajes, suelos de centros sanitarios o alimentarios. **La variedad epoxi-brea** es utilizada revestir el acero u otras partes estructurales que deban ser protegidas del agua del mar o en depósitos de diferentes distintos hidrocarburos.
- **Esmaltes o barnices de poliuretano:** de un solo componente o dos, contiene una resina acrílica que se puede mezclar con un catalizador de polisocianatos.

Muy utilizadas como impermeabilizante de cubiertas, terrazas u otros elementos que deben tener una fuerte exposición a la intemperie.



05

---

PROCEDIMIENTOS  
DE EVALUACIÓN  
DE RIESGOS

## 5.1. CUMPLIMIENTOS NORMATIVOS A TENER EN CUENTA

En primer lugar se deberá determinar si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Esto es, según el RD 374/2001 [11] sobre la “protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo”, todo aquel agente químico que por sus propiedades físicoquímicas, químicas o toxicológicas, unido a la forma de utilización o estado en el centro de trabajo, supone un riesgo para el trabajador.

Esto incluye a todas las sustancias que estén sujetas o no al Reglamento (CE) nº 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado, envasado de sustancias, y sus modificaciones [12], pero que cumplan con los criterios para su clasificación como peligroso. Estos criterios son los que se obtienen de los ensayos para obtener los efectos de la exposición de la sustancia, en cuanto a su toxicidad aguda por inhalación, sensibilización respiratoria, su carácter mutágeno o cancerígeno. De igual manera, se tienen que caracterizar las mezclas por sus efectos, tanto de los componentes individuales, como de su conjunto.

Aunque no estén caracterizadas, o no les aplique el reglamento anterior, en todo caso, todas aquellas sustancias que dispongan de un valor límite ambiental, bien por normativa específica (cancerígenos o mutágenos), o recogido dentro de los valores límite de exposición ambiental recogido publicado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) [13], se clasificarán como agente peligroso.

Siguiendo con el cumplimiento del RD 374/2001 [11], una vez que una sustancia es clasificada como agente peligroso, será de obligado cumplimiento que la evaluación de riesgos por la exposición por inhalación a un agente químico peligroso, incluya la medición

de las concentraciones en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda. El procedimiento de medición se adaptará a la naturaleza del límite.

Se desprende también de este Real Decreto que, en base a los datos obtenidos y a la peligrosidad del agente, se deberán realizar unas acciones u otras.

En los siguientes apartados se tratará de dar una orientación con respecto a ambas acciones, en cuanto a los procedimientos de medición y en cuanto a las acciones a realizar en base a los resultados. A continuación, se indican los procedimientos de evaluación de riesgos que, según sean los datos de partida inicial a cerca de la exposición, se irán realizando sucesivamente:

## 5.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS: ESTIMACIÓN INICIAL DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS QUÍMICAS POR INHALACIÓN

Para poder confirmar o descartar la presencia significativa de este riesgo en la obra, se utiliza un método de evaluación simplificado basado en el método del INRS [14] (Instituto Nacional de Investigación y Seguridad Francés), traducido por el Instituto de Seguridad y Salud en el Trabajo por Nota Técnica de Prevención [15], ya que tiene en cuenta los controles implantados y las características del centro de trabajo.

Este método está desarrollado a partir de UNE-EN 689:1995 [16], aunque el 9 de mayo de 2018 se ha publicado la nueva Norma, sobre las “Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la



medición”, donde se presenta una fase de estudio para definir las condiciones de la exposición que se va a evaluar y el grupo de trabajadores o el trabajador expuesto a esas condiciones.

La valoración se realiza por puesto de trabajo. Se tendrá en cuenta la exposición habitual de los trabajadores por su actividad. Este modelo se tiene que tomar con precauciones, no obstante, es necesario saber cuándo es posible que no resulte representativo o eficaz para una toma posterior de decisiones.

Para ello, antes de comenzar el procedimiento, se tendrá que tener comprobado que la exposición se presenta exclusivamente en forma de polvo, que la exposición se va a considerar homogénea, esto es, que se va a extrapolar a una exposición de una jornada de 8 horas, por lo que no se consideran exposiciones pico (posibles exposiciones de muy alta concentración pero muy puntuales, y que sí exceden claramente algún valor límite ambiental).

El procedimiento consiste en valorar los siguientes parámetros de forma previa. Cada parámetro obtiene una puntuación que luego se cruza en una tabla, hasta obtener la estimación inicial del riesgo.

En todos los casos en los que se dan ejemplos para la aplicación de los parámetros, son

listas no exhaustivas, servirán como orientación a cada caso evaluado. Los parámetros que se van a valorar son:

### 5.2.1. CANTIDAD UTILIZADA

Para estimar la cantidad utilizada, se tendrá que recoger información, mediante visitas a obras, etc., de la cantidad utilizada del producto, siendo los intervalos entre menor de 100 g al día y mayor a 1.000 Kg al día.

VALORACIÓN DE LA CANTIDAD	CANTIDAD AL DÍA
1	< 100g
2	≥ 100g y < 10 Kg
3	≥ 10 y < 100 Kg
4	≥ 100 Kg y < 1000 Kg
5	≥ 1000 Kg

### 5.2.2. DURACIÓN/FRECUENCIA DE LA TAREA

Durante la visita al centro de trabajo, mediante observación directa o bien mediante entrevista a los propios trabajadores, se averiguará el intervalo en el que se recoge con mayor exactitud la frecuencia a la exposición, teniendo que discernir si la tarea es ocasional, intermitente, frecuente o permanente.



UTILIZACIÓN	OCASIONAL	INTERMITENTE	FRECUENTE	PERMANENTE
Día	≤ 30 min	>30-≤120min	>2-≤6 h	> 6 h
Semana	≤ 2 h	> 2-8 h	1-3 días	> 3 días
Mes	1 día	2-6 días	7-15 días	>15 días
Año	≤ 15 días	>15 días-≤ 2 meses	>2- ≤ 5 meses	> 5 meses
<b>CLASE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Cruzando estos dos datos, se obtiene una valoración de la exposición potencial. Valor que, posteriormente, se utilizará para continuar con la estimación.

VALORACIÓN DE CANTIDAD	5	0	4	5	5	5	EXPOSICIÓN POTENCIAL
	4	0	3	4	4	5	
	3	0	3	3	3	4	
	2	0	2	2	2	2	
	1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4		CLASE DE FRECUENCIA

### 5.2.3. PRODUCTOS UTILIZADOS

Para determinar la posibilidad de exposición a polvo, se tienen que conocer todos los materiales susceptibles de generar polvo y su composición, utilizados por el trabajador en ese puesto de trabajo.

De aquí se obtiene un valor del riesgo del producto utilizado, en base a si dispone de Valor Límite de Exposición, o si dispone de frases de peligro. En los casos de materiales no envasados o a granel, se procede a valorar el riesgo por el producto

Para ello se puede:

- Contar con las fichas de seguridad de los materiales. Se deben revisar las etiquetas de las fichas de seguridad, donde se indica el % en la composición, y sus frases “H” de peligro o “P” de prudencia.
- Datos sobre materiales no envasados o generados en la obra. En el caso de productos no envasados o mezclas de productos a granel, se recogerán todos los datos posibles sobre los materiales utilizados (proveedores, libro del edificio, composiciones comunes como hormigón, asfalto, etc.).

- Información sobre materiales genéricos.
- Si se trata de una sustancia, se le asigna la clase de peligro 1.
- Si se trata de una mezcla o preparado comercial, se le asigna la clase de peligro 1.
- En el caso de mezclas no comerciales que vayan a ser empleadas en la misma empresa en otros procesos, se utilizarán las frases H o P de los componentes. Para no sobreestimar el riesgo en este caso, conviene tener en cuenta las concentraciones de los componentes y los valores límites de concentración según la legislación vigente, tal y como se hace para las mezclas comerciales.
- Para los materiales o productos comercializados no sujetos a la normativa de etiquetado, como son madera, áridos, etc., la clase de peligro se establece en función del agente químico emitido por el proceso. Para esto, se podrá utilizar la ayuda de la tabla 2, que da una orientación de los componentes y su origen en distintos procesos constructivos.

Se obtiene así, de la siguiente tabla para riesgos por inhalación, el valor de clase de peligro:

CLASE DE PELIGRO	FRASES H (Según nuevo reglamento CLP [17])	VLA mg/m <sup>3</sup> (según Límites de Exposición Profesional 2019 [5])	MATERIALES Y PROCESOS
<b>1</b>	No tiene ninguna frase H. O si tiene frases H, no tiene ninguna de las que aparecen a continuación.	> 100	
<b>2</b>	<b>H335</b> -Puede irritar las vías respiratorias <b>H336</b> -Puede provocar somnolencia o vértigo.	> 10 ≤ 100	- Hierro - Grafito - Material de construcción - Talco - Cemento - Madera tratada - Soldadura de metales
<b>3</b>	<b>H304</b> - Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias. <b>H332</b> -Nocivo en caso de inhalación. <b>H361</b> -Se sospecha que perjudica la fertilidad o daña al feto. <b>H362</b> -Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna. <b>H371 (2)</b> -Puede provocar daños a los órganos. <b>H373 (2)</b> -Puede provocar daños a los órganos tras exposiciones prolongadas y repetidas. <b>EUH071</b> -Corrosivo para las vías respiratorias.	> 1 ≤ 10	- Soldadura inoxidable - Fibras cerámicas-vegetales - Pinturas de plomo - Muelas - Arenas - Aceites de corte y refrigerantes
<b>4</b>	<b>H331</b> - Tóxico en caso de inhalación <b>H334</b> -Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación. <b>H341</b> -Se sospecha que provoca defectos genéticos. <b>H351</b> -Se sospecha que provoca cáncer. <b>H360</b> -Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto. <b>H370 (2)</b> - Provoca daños a los órganos. <b>H372 (2)</b> -Provoca daños a los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas. <b>EUH029</b> -En contacto con agua libera gases tóxicos. <b>EUH031</b> -En contacto con ácidos libera gases tóxicos.	> 0,1 ≤ 1	- Maderas blandas y derivados - Plomo metálico - Fundición y afinaje de plomo
<b>5</b>	<b>H330</b> - Mortal en caso de inhalación. <b>H340</b> - Puede provocar defectos genéticos. <b>H350</b> - Puede provocar cáncer. <b>EUH032</b> - En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.	≤ 0,1	- Amianto (3) y materiales que lo contienen - Betunes y breas - Gasolina (4) (carburante) - Vulcanización - Maderas duras y derivados (5) - Sílice Cristalina Respirable

(1) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10.

(2) Únicamente si la frase específica vía inhalatoria.

(3) Posee legislación específica obligatoria (amianto) [18] que requiere evaluación cuantitativa.

(4) Se refiere únicamente al trabajo en contacto directo con este agente.

(5) Se refiere a polvo de maderas considerado como cancerígeno (guía de evaluación y prevención de riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos). [7].

**Tabla.-** Clases de peligro en función de las frases H, los valores límite ambientales y los materiales y procesos.

Como orientación, en el método simplificado de INRS, se facilita una nueva tabla que añade criterios de clase de peligro en función del polvo emitido en el proceso, cuando no exista VLA o frases H o, si existe, para orientar sobre su clasificación:

AGENTES QUÍMICOS EMITIDOS POR LOS PROCESOS	CLASE DE PELIGRO
Hierro	2
Aleaciones inoxidables	3
Aluminio	1
Madera y derivados	4
Fibras de vidrio	2
Materiales de construcción (piedras, ladrillos, hormigón ...)	2
Plomo metálico	4
Talco	2
Cementos	2
Fibras cerámicas	3
Materiales compuestos (resinas + vidrio, carbono ...)	2

Intersectando este valor con el anterior,

EXPOSICIÓN POTENCIAL	5	0	4	5	5	5	RIESGO POTENCIAL
	4	0	3	4	4	5	
	3	0	3	3	3	4	
	2	0	2	2	2	2	
	1	0	1	1	1	1	
	1	2	3	4	5	CLASE DE PELIGRO	

A este valor se le da una nueva puntuación:

RIESGO POTENCIAL	PUNTUACIÓN
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

En la fórmula de cálculo aparecerá como  $P_{riesgo\ potencial}$

#### 5.2.4. PULVERULENCIA

Aquí se valora la tendencia del material a pasar al ambiente. En función de la visita a la obra, a los centros de trabajo y a la actividad habitual del trabajador, se tendrá que valorar por el personal que realiza la evaluación, si se generan polvos finos y de baja densidad que permanece en suspensión, al menos durante minutos (por ejemplo, yeso, cemento), material que forma polvo en grano, de sedimentación más rápida o material de tamaño más grueso, que no produce partículas al manipularse.

Se clasifica en tres tipos de materiales:

DESCRIPCIÓN DE MATERIALES	Tipo de volatilidad
<p><b>El material tiene forma de polvo fino, se forma polvo en el proceso.</b>                      El polvo permanece suspendido en el aire durante la manipulación. Cuando se emplean, se producen nubes de polvo que permanecen en suspensión durante varios minutos.                      (Ejemplos: cemento, yeso, procesos de demolición en seco, etc.)</p>	<b>1</b>
<p><b>El material tiene forma de polvo en grano (1-2 mm),</b> el polvo se deposita rápidamente durante la manipulación. Material no cohesionado.                      (Ejemplos: Manipulación de gravilla)</p>	<b>2</b>
<p><b>El material está formado por granos de varios mm (de 1 a 2cm),</b> puede ser que se desmenuce (friable), por lo que puede emitir también algo de polvo durante la manipulación.                      (Ejemplos: rocas de gran tamaño, bloques de hormigón, ladrillo, baldosas, etc.)</p>	<b>3</b>

A continuación se le da una puntuación a la Pulverulencia:

En la fórmula final, la puntuación aparecerá como  $P_{\text{pulverulencia}}$ :

PULVERULENCIA	PUNTUACIÓN
<b>1</b>	100
<b>2</b>	10
<b>3</b>	1

### 5.2.5. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Aquí se tienen en cuenta las medidas de control implantadas en el procedimiento de aplicación de los productos, o de trabajo con los materiales.

En caso de duda, se indicará el más desfavorable, el dispersivo.

En la fórmula final, la puntuación obtenida aparecerá como  $P_{\text{ejecución}}$ .

	Descripción y ejemplos	Clase de peligro	Puntuación del proceso
DISPERSIVO	No hay ningún control contra la dispersión del polvo generado y/o el propio proceso dispersa el polvo generado. Este es el caso más desfavorable para el trabajador. <i>(Ejemplos: vaciados de sacos)</i>	4	1
ABIERTO	Son los trabajos que se realizan sin control de la dispersión cuando el propio proceso no dispersa el polvo generado y/o hay controles contra la generación o expansión del polvo. <i>(Ejemplos: vaciado de escombros con tubo de bajada y contenedor cubierto, transporte de materiales con el suelo húmedo)</i>	3	0,5
CERRADO, PERO ABIERTO REGULARMENTE	Es el caso en que se trate de un sistema que está cerrado para controlar las emisiones pero se abre para algunas tareas como mantenimiento, o porque se haya implantado algún sistema de captación del polvo en el lugar donde se genera. Hay control de la exposición, pero hay ciertos momentos de exposición. <i>(Ejemplos: silo de almacenamiento de producto, cintas de transporte de materiales)</i>	2	0,05
CERRADO PERMANENTEMENTE	Es el caso en que se cubre la producción de polvo. O existe una medida de control de las emisiones de polvo, quedando tapado constantemente, o de forma habitual. Éste es el caso más favorable para el trabajador. <i>(Ejemplos: taladro con sistema de captación de polvo, maquinaria con cabina cerrada y ventilación eficiente)</i>	1	0,001

### 5.2.6. PROCEDIMIENTO DE PROTECCIÓN COLECTIVA EN LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Durante esta valoración, no se tiene en cuenta la protección individual utilizada, para enfatizar el efecto que la protección colectiva instalada, tienen sobre la exposición. Es decir, cuando haya sido imposible establecer otras medidas como la sustitución, modificación del proceso, previas a la toma de estas medidas preventivas.

En la fórmula final, la puntuación aparecerá como  $P$  *protección colectiva*.

	Descripción y ejemplos	Clase de peligro	Puntuación del proceso
VENTILACIÓN NATURAL ESCASA	No hay ningún control contra la dispersión del polvo generado y/o el propio proceso dispersa el polvo generado. Este es el caso más desfavorable para el trabajador. <i>(Ejemplos: vaciados de sacos)</i>	4	1
VENTILACIÓN NATURAL	Son los trabajos que se realizan sin control de la dispersión cuando el propio proceso no dispersa el polvo generado y/o hay controles contra la generación o expansión del polvo. <i>(Ejemplos: vaciado de escombros con tubo de bajada y contenedor cubierto, transporte de materiales con el suelo húmedo)</i>	3	0,5
CERRADO, PERO ABIERTO REGULARMENTE	Es el caso en que se trate de un sistema que está cerrado para controlar las emisiones pero se abre para algunas tareas como mantenimiento, o porque se haya implantado algún sistema de captación del polvo en el lugar donde se genera. Hay control de la exposición, pero hay ciertos momentos de exposición. <i>(Ejemplos: silo de almacenamiento de producto, cintas de transporte de materiales)</i>	2	0,05
DISPERSIÓN DE LAS EMISIONES, O CON VENTILACIÓN FORZADA	Es el caso en que se cubre la producción de polvo. O existe una medida de control de las emisiones de polvo, quedando tapado constantemente, o de forma habitual. Éste es el caso más favorable para el trabajador. <i>(Ejemplos: taladro con sistema de captación de polvo, maquinaria con cabina cerrada y ventilación eficiente)</i>	1	0,001

### 5.2.7. PUNTUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN

Para cada agente químico utilizado durante una tarea determinada, la puntuación obtenida para valorar el riesgo de inhalación, se calcula utilizando la fórmula que nos va a permitir caracterizar el riesgo en tres categorías:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ potencial} \times P_{pulverulencia} \times P_{ejecución} \times P_{protección\ colectiva} \times FC_{VLA}$$

$P_{riesgo\ potencial}$ : Puntuación obtenida en apartado 5.2.3.

$P_{pulverulencia}$ : Puntuación obtenida en apartado 5.2.4.

$P_{ejecución}$ : Puntuación obtenida en apartado 5.2.5.

$P_{protección\ colectiva}$ : Puntuación obtenida en apartado 5.2.6.

Donde  $FC_{VLA}$  es un valor de corrección utilizado en este procedimiento para no subestimar el riesgo cuando se aplica a sustancias que tienen un valor límite muy bajo, ya que es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja.

- Si el **VLA > 0,1** el **FC=1**
- Si **0.1 < VLA ≤ 0,1** el **FC=10**
- Si **0.001 < VLA ≤ 0,01** el **FC=30**
- Si **VLA ≤ 0,001** el **FC=100**

Por este motivo se aplica un factor de corrección (**FC**), en función de la magnitud del VLA, en mg/m<sup>3</sup>. En el caso de que el compuesto tenga un Valor Límite de Exposición [13]. Si el compuesto no tiene VLA, se considerara que el factor de corrección es 1.

PUNTUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN	PRIORIDAD DE ACCIÓN	CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO
>1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
>100 y ≤1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≤100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

### 5.2.8. ACCIONES A REALIZAR EN BASE A LA CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Según el valor obtenido se obtiene una priorización de las acciones a realizar.

- **Riesgo muy elevado de superar el valor límite de exposición, o de exposición muy elevada.** Se requieren medidas correctoras inmediatas y realizar una nueva valoración con mediciones para comprobar la reducción del riesgo. Las medidas correctoras se obtendrán del punto 8: “Medidas de prevención”.
- **Riesgo de exposición moderado.** Esto también significa que hay una indeterminación en el conocimiento de si se superan o no los valores límite de exposición según los datos de evaluación aportados. Por lo que necesita, probablemente, medidas correctoras y realizar una medición en detalle para verificar la reducción de la exposición. No obstante, hay que tener en cuenta la revisión periódica de las condiciones de trabajo
- **Riesgo de exposición a priori bajo.** Posiblemente no se produzca una exposición nociva para los trabajadores. Siempre que no empeoren las condiciones de exposición, no es necesario realizar una nueva revisión. No obstante, hay que tener en cuenta la revisión periódica de las condiciones de trabajo

Si no se puede descartar, por caracterizar un riesgo moderado o elevado, además de unas medidas correctoras, será necesario realizar un estudio básico (según UNE-EN 689)

### 5.3. ESTUDIO BÁSICO (SEGÚN UNE-EN 689, APARTADO 5.1.4.2)

Este estudio se debe realizar cuando no se puedan obtener conclusiones claras de que la exposición está muy por debajo o por encima del valor límite.

El objetivo de este estudio es obtener información cuantitativa aproximada, aunque *sin representatividad estadística*, cuyos resultados puedan ser comparados con los valores límite en los casos en los que exista, según los límites de Exposición Profesional actualizados [3], los de obligado cumplimiento [6], o tomar otras fuentes donde se propongan límites de protección.

Existe la posibilidad de utilizar mediciones anteriores, mediciones en instalaciones o en procesos de trabajo comparables o cálculos fiables basados en datos cuantitativos apropiados. No obstante, si la información no es suficiente para realizar una comparación válida con los valores límite, se deben realizar mediciones en el propio lugar de trabajo.

Para las partículas no clasificadas de otra forma, como no existen sustancias que carezcan de riesgo potencial de dañar al ser humano a elevadas concentraciones, se recomienda utilizar un valor límite ambiental de **10 mg/m<sup>3</sup>** de polvo total o de 3 mg/m<sup>3</sup> para la fracción respirable.

#### 5.3.1. SELECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE MEDICIÓN

Hay que tener en cuenta lo que influye en la exposición de un trabajador para realizar la selección inicial:

- **Tareas**, que provocan la emisión.
- **Ciclos de trabajo**, si existe una repetición estandarizada o es variable.
- **Técnicas de trabajo** (sobre todo si hay mucha diferencia entre trabajadores, por antigüedad,



turno, etc.), es decir, si se aplican los procedimientos en caso de existir.

- **Medidas de seguridad adoptadas** (verificación del seguimiento, mantenimiento de las medidas).
- **Posibles fuentes de exposición.** Se trata de listar maquinaria, equipos, materiales que sean emisores de polvo.

El tipo de muestreo se debe caracterizar de forma previa para determinar las condiciones de medición. Es importante seleccionar las diferentes situaciones durante las cuales las condiciones de exposición podrían variar cuando no se pueda realizar una medición de toda la jornada en la zona de respiración del trabajador.

Se elegirán las condiciones más desfavorables de exposición, entre los distintos intervalos de medición y realizar mediciones por lo menos, tres días seguidos.

### 5.3.2. TOMA DE DATOS DE CONCENTRACIONES DE EXPOSICIONES REALES EN EL CENTRO

Para obtener la magnitud aproximada de la exposición, se pueden realizar las siguientes mediciones:

**5.3.2.1. Mediciones ambientales:** son mediciones que se realizan en puntos fijos y pueden servir para complementar o dar una aproximación de la exposición en un puesto de trabajo concreto. Para ello, se tomarán lo más cerca posible de las vías respiratorias y el punto de mayor riesgo de exposición. Se va a tratar únicamente el muestreo activo (el aire entra en el dispositivo de captación forzado por una bomba de aspiración).

Equipo de muestreo:

**BOMBA:** las bombas deben disponer de: un sistema de sujeción para ser fijada a la persona, un indicador de funcionamiento defectuoso o un sistema de desconexión automático en caso de variación importante o interrupción de caudal, un fusible o limitador

de corriente y un ajuste de caudal no manipulable sin herramientas o apoyo externo.

La bomba a utilizar debe ser de tipo P (materia particulada) con un margen de caudales entre 1 y 5 l/min e intervalo de pérdida de carga entre 0,1 y 6,25 kPa y alto caudal (> 0,5 l/min).

Procedimiento de calibración del caudal de la bomba.

#### a. Antes de la toma de muestra

- 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 (el propuesto es 2,2 l/min).
- 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 a 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.

### b. Durante el periodo de toma de muestra

- Se conecta un elemento de retención diferente al utilizado en la calibración (por ejemplo, otro tubo estándar de carbón activo), justo antes de comenzar la toma de muestra y se anota el tiempo de inicio de la toma de muestra.
- Durante la toma de muestra se verifica visualmente que la bomba funciona correctamente observando, por ejemplo, el rotámetro u otros indicadores y anotando las incidencias que puedan tener lugar (por ejemplo: cambios de ruido, parada, etc.).
- Se anota la temperatura y la presión barométrica.
- Se anota el tiempo de finalización de la toma de muestra.

### c. Después de la toma de muestra

- Sin parar la bomba, se retira el elemento de muestreo utilizado en la toma de muestra, se cierra y se etiqueta convenientemente.
- Se conecta el conjunto, calibrador y elemento de retención, utilizado en la calibración previa a la toma de muestra.
- Se realizan, al menos, tres mediciones del caudal y se para la bomba. Se toma como caudal final la media aritmética de las tres mediciones.

**INSTRUMENTO DE CAPTACIÓN EN MEDICIÓN DIRECTA:** detectan directamente la presencia del contaminante en el aire. Suelen ser más imprecisos, pero sirven para una primera aproximación de la existencia del riesgo. Consiste en recoger una muestra del aire de interés para, sin ningún tratamiento, remitirla al laboratorio para su análisis.

**Tubos colorímetros:** un tubo colorimétrico es un vial que contiene una preparación química que reacciona con la sustancia a medir cambiando de color. La mayoría de

los tubos colorimétricos están graduados, de tal manera que la longitud de la mancha indica la concentración de la sustancia medida. La escala, para facilitar la interpretación de los resultados, viene graduada en ppm o en porcentaje en volumen, dependiendo de la sustancia de que se trate.

El método puede adaptarse para analizar cualquier materia prima o polvo depositado, del que se precise conocer su %. Permite determinar concentraciones dentro del margen de 5 µg y 2,5 mg por filtro. Para un volumen de muestreo de 300 litros, significa que puede determinarse una concentración ambiental de 0,016 a 8,3 mg/m<sup>3</sup> de polvo. El límite de detección puede estimarse en 5 µg polvo por filtro.

**Monitores:** *instrumentos ópticos.* Fundamentados en propiedades ópticas de una partícula o de un conjunto de partículas. Los más simples, aplicables a grandes concentraciones ambientales, miden la extinción de la luz al aerosol. Si la concentración no es suficiente elevada, se utiliza el método de la dispersión de la luz. Dentro de este tipo se encuentran los instrumentos para la medición de conjuntos de partículas o de partículas con fuente de luz visible, fotómetros con fuente de rayos láser, reflectómetros y equipos de emisión espectral.

**Instrumentos eléctricos.** Se basan en la interacción partícula- carga eléctrica. Existen dos tipos de instrumentos. En el primero de ellos, las partículas adquieren una carga eléctrica proporcional a su tamaño al pasar a través de una nube de iones, siendo esta carga la que se mide. En el segundo tipo, se mide la interceptación de un haz de iones o emisión radioactiva debido a la presencia del aerosol.

**INSTRUMENTO DE CAPTACIÓN EN MEDICIÓN INDIRECTA:** se fijan y se concentran los contaminantes captados.

**Filtros:** para cumplir con el convenio para la fracción respirable según UNE-EN 481, el contaminante presente en aire en forma de aerosol es retenido por un filtro. Para mediciones ambientales están indicados determinados tipos de filtro. Se tendrá que tener en cuenta el tipo de análisis que se va a realizar antes de comprarlos, por ejemplo de fibra, principalmente. El filtro se coloca sobre un soporte físico a base de celulosa y todo ello en un portafiltros de poliestireno, que se puede utilizar de distintas formas que se especifican en el correspondiente método analítico.

**Ciclón:** (solo utilizarlo, para muestrear fracción de polvo respirable). Se indica a continuación uno que cumple con el convenio: Ciclón de nylon de 10 mm, cuya salida se conecta a la entrada del cassette. Permite a discriminar el polvo retenido en el filtro en base al convenio de polvo inhalable, respirable o torácico.

Se indican a continuación los ciclones a utilizar según los datos esperados de encontrar y que cumplen con el convenio de UNE-EN 481 y las especificaciones de CEN/TR13205.

Ciclón Aluminio, de SKC, Ciclón de plástico conductor, de SKC, Ciclón PGP-FSP10 de GSM, Ciclón PGP-FSP2, de GSM, Ciclón Gk2.69, de BGI y Ciclón 10 mm Nylon (Dorr oliwe), de Sensidyne.

**Soporte de celulosa:** actúa como soporte físico del filtro, siendo su tamaño adecuado al diámetro del filtro.

**Portafiltros o cassettes:** se utilizan cassettes de poliestireno de 2 ó 3 cuerpos, de 37 mm de diámetro, en los que se coloca el filtro sobre el soporte de celulosa.

Los cassettes de 2 ó 3 cuerpos (inferior y superior; o inferior, anular y superior) se montan procurando que queden perfectamente encajados, sin intersticios entre ellos. Para evitar la entrada de aire por los laterales y asegurar su estanqueidad, se sellan con una cinta de teflón o banda adhesiva, que cubra

las uniones entre los cuerpos. (Existen bandas de celulosa que se contraen al evaporarse el disolvente con que van impregnadas). Por último, se colocan los dos tapones en los orificios de entrada y salida del cassette.

**Tubo flexible:** tubo flexible de silicona, de 6,4 mm de diámetro interior y alrededor de 1 metro de longitud.

**Adaptador:** facilita una mejor conexión del tubo de silicona con el cassette.

En las muestras ambientales no suelen ser muy significativas las muestras de fracción respirable porque suelen estar más localizadas cerca del trabajador.



**5.3.2.2. Mediciones individuales:** es el propio trabajador el que lleva el aparato de recogida de muestras. Se realizará una selección del trabajador a muestrear, duración de la muestra y nº de muestras recomendadas.

**MUESTREO PASIVO-** la muestra se recoge mediante difusión en el dispositivo captador, sin forzar su paso por éste (sin bomba).

**MUESTREO ACTIVO-** el aire entra en el dispositivo de captación forzado por una bomba de aspiración. El equipo de muestreo, igual que en las mediciones ambientales del apartado 6.3.2.1. Con la salvedad de los filtros.

**Instrumento de captación (filtros):** para mediciones individuales, sobre todo se utilizan los filtros de membrana de celulosa o policarbonado. El filtro se coloca sobre un soporte físico a base de celulosa y todo ello en un portafiltros de poliestireno, que se puede utilizar de distintas formas que se especifican en el correspondiente método analítico.

**Caudal:** para dar cumplimiento con el convenio de la fracción respirable, según UNE EN-481, los caudales que hay que adoptar según la cantidad de contaminante esperado y el tiempo de muestreo deberán co-

rresponderse con el ciclón utilizado. Se han incluido sólo aquellos que cumplen con el informe técnico CEN/TR15230.

Como ejemplo para calcular el caudal, se pone el ejemplo de la medición de una exposición de polvo que no queramos que supere un valor límite  $0,05 \text{ mg/m}^3$  según los valores límite recomendado  $VLA_{ED}$  por INSST [13], se recomienda tomar un volumen de aire de unos 300 litros. Para calcular entonces el caudal y el tiempo de muestreo se apuntan los tipos de ciclones que se pueden utilizar.

Si se esperan concentraciones próximas a la mitad del valor límite recomendado ( $VLA_{ED/2}$ ), el volumen de muestra debería ser de unos 600 litros, y si se esperan concentraciones próximas a la décima parte del valor límite ( $VLA_{ED/10}$ ), el volumen de muestra no debería ser inferior a 2000 litros. En la tabla inferior se dan los datos de tiempo de muestreo, caudal y tipos de ciclones utilizados para este ejemplo.

No obstante se tomará el dato según el cálculo tomado en la calibración de la bomba para el cálculo del volumen de muestra.

CICLÓN	Fabricante	Caudal (l/min)	$VLA_{ED}$	$VLA_{ED/2}$	$VLA_{ED/10}$
Ciclón Aluminio *	SKC	2,5	2 horas	4 horas	18 h 15 min
Ciclón de plástico conductor*	SKC	2,2	2 h 15	4 h 30 min	15 h 15 min
Ciclón PGP-FSP10*	GSM	10	30 min	1 hora	3 h 15 min
Ciclón PGP-FSP2*	GSM	2	2 h 30 min	5 horas	16 h 15 min
Ciclón Gk2.69*	BGI	4,2	1 h 15 min	2h 15 min	8 horas
Ciclón 10mm Nylon (Dorr oliwe)*	SENSIDYNE	1,7	3 horas	5 h 45 min	19 h 30 min

### 5.3.3. CALCULANDO LA ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

En base a los datos de concentración durante el muestreo y referido al valor límite ambiental para una jornada de 8 horas, se obtiene el índice de exposición (I), a partir de los siguientes cálculos.

$$C \text{ (concentración durante el muestreo)} = \frac{\text{masa de contaminante captado (mg)}}{\text{volumen de aire muestreado (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Concentración de la Exposición Laboral (CEL)} = \sum \frac{[C_n \text{ (mg/m}^3\text{)} \times t]}{480 \text{ (min)}}$$

$$\text{Índice de exposición (I)} = \frac{\text{Exposición diaria (CEL)}}{\text{Valor límite}}$$

Cuanto más próximo se encuentre el índice a 1, más próximo se encuentra el trabajador de superar la exposición límite.

Como se ha indicado, este cálculo no tiene valor estadístico, y se deben tomar estos datos para decidir las acciones a tomar. Se dan las siguientes pautas, aplicando el criterio de decisión según UNE EN 689:

- **Riesgo de exposición a priori bajo.** Si  $I_1 \leq 0,1$ . En la primera jornada. Posiblemente no se produzca una exposición nociva para los trabajadores en cualquier jornada. Siempre que no empeoren las condiciones de exposición, no es necesario realizar una nueva revisión. No obstante, hay que tener en cuenta la revisión periódica de las condiciones de trabajo.
- **Riesgo muy elevado de superar el valor límite de exposición.** Si  $I_1 > 1$  en la primera jornada, se requieren medidas correctoras inmediatas y realizar una nueva valoración con mediciones para comprobar la reducción del riesgo.

Si el valor de la primera jornada está entre  $0,1 < I_1 \leq 1$ , hay una indecisión, por lo que hay que coger los valores de otros días consecutivos y

- **Riesgo de exposición a priori bajo.** Si todos los datos posteriores son  $I_1, I_2, \dots, I_n \leq 0.25$ . Posiblemente no se produzca una exposición nociva para los trabajadores en cualquier jornada. Siempre que no empeoren las condiciones de exposición, no es necesario realizar una nueva revisión. No obstante, hay que tener en cuenta la revisión periódica de las condiciones de trabajo.
- **Riesgo muy elevado de superar el valor límite de exposición.** Si todos los datos posteriores son  $I_1, I_2, \dots, I_n > 1$ , se requieren medidas correctoras inmediatas y realizar una nueva valoración con mediciones para comprobar la reducción del riesgo.

Si el valor de las jornadas está entre  $0,25 < I_1 \leq 1$ , hay una indecisión, por lo que hay que calcular la media geométrica ( $M_G$ ) de todas las mediciones

$$MG \text{ (media geométrica)} = \sqrt[n]{I_1 \times I_2 \times I_3 \times \dots \times I_n}$$

- Riesgo de exposición moderado Si  $M_G \leq 0,5$ , se requieren mediciones periódicas y medidas correctoras.
- Riesgo muy elevado de superar el valor límite de exposición. Si  $M_G > 0,5$ . Esto también significa que hay una indeterminación en el conocimiento de si se superan o no los valores límite de exposición según los datos de evaluación aportados. Por lo que, necesita probablemente medidas correctoras y realizar una medición en detalle para verificar la reducción de la exposición. No obstante, hay que tener en cuenta la revisión periódica de las condiciones de trabajo.

#### 5.4. ESTUDIO DETALLADO (SEGÚN UNE-EN 689, APARTADO 5.1.4.3)

Este estudio se debe realizar cuando no se pueden obtener conclusiones claras de que la exposición está muy por debajo del límite o por encima del mismo. El objetivo de este estudio es obtener información cuantitativa, con *representatividad estadística*, cuyos resultados puedan ser comparados con los valores límites vigentes, para suministrar una información válida y fiable sobre la exposición (poder asegurar con un grado de confianza del 95%, que no se supera el valor límite, pero no sólo en los días en que se han tomado las muestras, sino también en los días que no se han medido, y que el valor será similar en un futuro, mientras las condiciones se mantengan).

El método aplicado está basado en **UNE-EN 689, apartado 5.1.4.3**. Las muestras se deben tomar en un grupo homogéneo de trabajadores y con una duración de las mediciones similar. Para aplicar este método es necesario tener al menos siete datos.

Este estudio llevará consigo, en todo caso, la medición en el propio lugar de trabajo mediante técnicas precisas.

Para realizar mediciones fiables de la exposición laboral a agentes químicos, los métodos de medición deben cumplir los requisitos contenidos en la norma UNE-EN 482 [19], y para que los métodos de medición de aerosoles cumplan los requisitos generales de esta norma, los muestreadores deben cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 13205 [20], lo que a su vez implica que el muestreador sea capaz de tomar muestras de aerosol de acuerdo con el convenio correspondiente (inhalable, torácico, respirable) definido en la norma UNE-EN 481 [1]. A continuación, se especifican algunos de estos requisitos:



#### 5.4.1. ADECUACIÓN DE LA ESTRATEGIA AL PROPÓSITO DE LA MEDICIÓN

Los procedimientos de medida se pueden clasificar en función del motivo por el que se realiza la medición, según la estrategia de medición recogida en UNE-EN 689:

- Determinar, mediante mediciones periódicas, si las condiciones de exposición han cambiado desde la última medición.
  - Determinar si las medidas de control adoptadas son o siguen siendo eficaces.
  - *Medir la concentración media ponderada en el tiempo.* Se obtiene información cuantitativa aproximada de los niveles de exposición. Para así, conocer si existe un problema de exposición y, en el caso de existir, evaluar su gravedad o no, mediante mediciones más concretas. Este tipo de medición:
    1. Proporciona información de los probables perfiles (rangos) de concentración de los agentes químicos.
    2. Identifica emplazamientos o períodos de elevada exposición.
    3. Establece la duración y frecuencia del muestreo de las mediciones para comparar con los valores límite (para elaborar así una estrategia de muestreo posterior).
    4. Localiza las fuentes de emisión.
    5. Estima la eficacia de la ventilación u otras medidas técnicas.
  - Medir la concentración en el tiempo o en el espacio.
    1. Proporciona información sobre el comportamiento de la concentración de los agentes químicos en el aire.
    2. Se identifican lugares y períodos de exposición elevados.
  - 3. Se obtiene información sobre la localización e intensidad de las fuentes de emisión.
  - 4. Sirve para verificar la eficacia de la ventilación o de otras medidas de control implantadas.
  - 5. Identificación de los episodios de exposición más altas.
- Mediciones en el caso más desfavorable.
  - Mediciones en un punto fijo. Se pueden utilizar para comparar con los valores límite si los resultados son representativos de la concentración de exposición. Su seguimiento se realizará según las mediciones de la evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo. Se puede estimar la exposición de distintos trabajadores que ocupan un puesto físico de trabajo de manera consecutiva-alterna. Los requisitos del procedimiento de medida son:
    1. Tiempo de muestreo corto ( $\leq 5$  min ó  $\leq 15$  min, según sean variaciones de la concentración en el tiempo o en el espacio). En el caso de “Mediciones en el caso más desfavorable”, las mediciones se tomarán incluyendo estos episodios, por lo que el muestreo entonces será en períodos de 15 minutos, que coincide con la determinación de exposiciones cortas (EC), llamándose el muestreo “Mediciones en el caso más desfavorable”.
    2. Un intervalo de medida que se ajuste al objeto de la medición (evaluación de concentración en el tiempo o en el espacio).
    3. Una incertidumbre expandida que se ajuste a la finalidad de la medición (la cantidad definida en un intervalo formado por los resultados de una medición dentro de los resultados esperados, es decir, que se ajustan las medidas al intervalo definido como el más probable).

#### 5.4.2. REQUISITOS DEL PROCEDIMIENTO DE MEDIDA

Para dar cumplimiento con lo anteriormente mencionado de que la evaluación del riesgo de exposición por inhalación a un agente químico debe incluir la medición de la concentración en el aire del agente y comparar este valor con el valor límite, el procedimiento, estrategia y método de medición se establecerán siguiendo la normativa específica que sea de aplicación. (Art. 3.5 de RD 374/2001).

Para ello, se utilizarán métodos validados que proporcionen resultados con el grado de fiabilidad que se necesita para poder hacer esta comparación. Apoyándose en la norma UNE-EN 482 sobre los requisitos generales de los procedimientos de medida, podemos extraer los requisitos mínimos que debe contener este procedimiento:

- El intervalo de medida debe incluir el Valor Límite Ambiental. Este intervalo de medición tendrá un rango desde la décima parte hasta el doble de dicho límite.
- Las mediciones se seleccionarán en base a la información sobre la naturaleza y magnitud de cualquier interferencia (otros contaminantes, otras vías de exposición, viento, etc.).
- El tiempo de ponderación será igual al tiempo de muestreo, que debe ser menor o igual al periodo de referencia del VL (Valor Límite) (8 horas).
- Cumplir con los requisitos de la incertidumbre expandida (es la cantidad que define un intervalo de medición, donde se espera encontrar una parte importante de los valores que podrían ser atribuidos razonablemente a la magnitud particular sujeta a medición).

Para el período de referencia de 8h, el valor de incertidumbre estará por debajo del 50% para el intervalo de 0,1 a 0,5 veces el

valor de VLA, y será inferior al 30% cuando el intervalo de medida esté entre el 0,5 y 2 veces del valor de VLA.

- El transporte y el almacenamiento de las muestras, cuando sea apropiado, debe llevarse a cabo de modo que se mantenga la integridad física y química.
- El resultado final debe expresarse en las mismas unidades que el VL.

#### 5.4.3. TOMA DE DATOS. CARACTERIZACIÓN DEL MUESTREO

Es conveniente que, antes de iniciar las muestras, se haga una pequeña planificación con el tiempo de cada muestra, nº de muestras totales, personas que van a participar, etc. Las medidas se realizarán a la altura de la zona de respiración del trabajador. A continuación, se indican las pautas para planificar cada uno de los parámetros necesarios:

**Nº de muestras totales:** para obtener una mínima información estadística, se estima que mínimo se deben realizar mediciones de al menos 3 jornadas, y obtener mínimo un total de 7 mediciones. De este modo se podrán realizar los cálculos para hallar la probabilidad de superar el VLA, con mayor fiabilidad.

**Tiempo de medición:** el tiempo de muestreo debe ser de 8 horas para comparar con los Valores Límite. En el caso de una medición no estadística, se pueden realizar mediciones menores, asumiendo que se deben tomar las medidas más representativas de exposición, ya que se realizará una media de las muestras recogidas. Si es posible, no se deberían realizar mediciones inferiores a 4 horas, pero se tendrá en cuenta las condiciones de trabajo y la variabilidad de éste para considerar estas recomendaciones.

También se tendrá en cuenta la cantidad de polvo esperado para que no se colmate el filtro o por el contrario, si es demasiado poco, que no se capte nada en el tiempo muestreado.



Se tendrá que tener la certeza de que, en el período de tiempo que *no se ha muestreado*, las condiciones de trabajo no han variado.

Para períodos de trabajo *HOMOGÉNEOS*, el número de muestras a tomar podría ser según la tabla:

Muestreo en jornadas de trabajo homogéneas (Tabla 3)

Fuente: UNE-EN 689 [16]

DURACIÓN DE LA MUESTRA	Número mínimo de muestras por jornada de trabajo
10 s	30
1 min	20
5 min	12
15 min	4
30 min	3
1 h	2
≥ 2 h	1



**CAUDAL:** para dar cumplimiento con el convenio de la fracción respirable, según UNE EN-481, los caudales que hay que adoptar según la cantidad de contaminante esperado y el tiempo de muestreo deberán corresponderse con el ciclón utilizado. Se han incluido sólo aquellos que cumplen con el informe técnico CEN/TR15230.

Ver la información que se aporta a la hora de buscar el caudal adecuado en el apartado 5.3. Estudio básico de medición. El caudal y el tiempo se tienen que adecuar al contaminante que se espera encontrar.

Ejemplo de muestreadores estáticos de las fracciones de aerosol, y su adaptación a la cantidad de muestra capaz de recoger según el caudal y la partícula que recoge (convenio según norma UNE-EN 481). (Tabla 4)

Según NTP 800 [21].

FACTOR		MUESTREADOR					
		IOM	PGP-GSP 3,5	PGP-GSP 10	BUTTON	CIP 10-I	PAS-6
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0,5 m/s	** d>70µm *		**	◆		
VELOCIDAD DEL VIENTO	0,5 m/s	**	**	**	**	■	**
	1,0 m/s	**	**		**	■	
DIRECCIÓN DEL VIENTO	0,5 m/s	*	*	*	**		

\*\* El muestreador se adecua al convenio de la fracción inhalable.

\*\* El factor influye en el comportamiento del muestreador.

◆ El muestreador no se adecua al convenio de la fracción inhalable.

■ Comportamiento similar al IOM.

**TIPO DE MUESTREO ACTIVO, INSTRUMENTOS DE CAPTACIÓN:** para no repetir la información, se pueden tomar los datos de las mediciones ambientales de los apartados 5.3.2.1. y 5.3.2.2. Se añade no obstante los datos de los instrumentos específicos para este tipo de mediciones:

**Filtros:** para mediciones individuales, sobre todo se utilizan los filtros de membrana de celulosa o policarbonato. El filtro se coloca sobre un soporte físico a base de celulosa y, todo ello, en un portafiltros de poliestireno, que se puede utilizar de distintas formas que se especifican en el correspondiente método analítico.

- **Importante antes de empezar a medir:** es importante tener en cuenta los filtros “blancos” que deberán estar en las mismas condiciones de manipulación que el resto, excepto porque no se les habrá hecho circular el aire a través de ellos. Irán rotulados como blanco como una muestra más. Esto sirve de control para el laboratorio para corregir condiciones de humedad, etc. Que pueden influir en las mediciones. Se recomienda al menos un filtro blanco por cada 10 de muestras.

- **Adaptador:** facilita una mejor conexión del tubo de silicona con el cassette.

**TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS:** las muestras se enviarán lo antes posible al laboratorio, pudiendo almacenarse a temperatura ambiente. El envío de las muestras debe efectuarse en recipientes adecuados, para prevenir posibles daños o pérdidas de muestra durante el transporte.

**SOLICITUD ANALÍTICA:** para cumplimentar adecuadamente esta solicitud o boletín es importante tener en cuenta las recomendaciones siguientes:

- **Concretar al máximo el tipo de análisis solicitado:** (cualitativo, equivalente a método básico y/o cuantitativo, equivalente a método detallado del presente documento) y el contaminante o contaminantes a determinar.

- Incluir la información disponible sobre la actividad y proceso industrial.
- Incluir los **datos relativos a la toma de muestras** (caudal, volumen o tiempo de muestreo) y las observaciones o comentarios pertinentes sobre la toma de muestras realizada.
- **Identificar de forma clara e inequívoca las muestras captadas y las muestras blanco** correspondientes, mediante una referencia lo más sencilla posible que figure en el soporte de la muestra o en una etiqueta bien adherida a la misma.
- Cuando se incluyan productos o **materias primas**, indicar con toda claridad su correlación con las muestras ambientales captadas.

#### 5.4.4. ELECCIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

La elección del método analítico más idóneo para la Evaluación de polvo no está sujeta a normativa específica de aplicación en UE, salvo para algunos productos como plomo o amianto, o en el sector minero, o bien fuera de nuestro rango de aplicación (EEUU).

En la elección del método analítico deberá tenerse muy en cuenta que el laboratorio que vaya a efectuar el análisis de las muestras disponga de la técnica instrumental y de los equipos necesarios, y que además tenga a punto o desarrollado el procedimiento analítico a aplicar. Éste tiene que estar certificado para el método analítico elegido (ACREDITACIÓN POR ENAC: Entidad Nacional de Acreditación).

Los métodos utilizados deben ser, a falta de una ley o reglamento basado en una Directiva Europea, deben utilizarse criterios de carácter técnico según el siguiente orden: Normas UNE (métodos analíticos para determinar contaminantes en el aire), métodos del INSST de toma de muestras y análisis validados (preferiblemente los métodos con protocolos de validación y probados por ensayos llamados métodos recomendados), u otras Normas internacionales, o

métodos normalizados desarrollados por otras instituciones reconocidas como el Instituto de seguridad y salud americano, o británico.

A continuación se recogen los métodos analíticos y normas UNE para el aire en los lugares de trabajo según Nota Técnica de Prevención del INSST [22] actualizadas:

UNE 81752:2006	Atmósferas en el lugar de trabajo. Determinación de fibras de amianto y otras fibras en aire. Método del filtro de membrana/microscopía óptica de contraste de fases.
UNE 81569:1991	Determinación de plomo metálico y sus compuestos iónicos. Método de espectrofotometría de absorción atómica.
UNE 81575:1998	Determinación de arsénico y sus compuestos en forma particulada y de vapores de trióxido de arsénico en aire. Método de generación de hidruros /espectrofotometría de absorción atómica
UNE 81580:1992	Determinación de n-hexano y tolueno. Método del muestreador pasivo/desorción con disolvente/ cromatografía de gases.
UNE 81581:1992	Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno, 1,2,4-trimetilbenceno) en aire. Método del tubo de carbón activo/desorción con disolvente/ cromatografía de gases.
UNE 81582:1991	Determinación de hidrocarburos clorados en aire. Método del tubo de carbón activo/desorción con disolvente /cromatografía de gases.
UNE 81583:1992	Determinación de hidrocarburos alifáticos (n-hexano, n-heptano, n-octano, n-nonano) en aire. Método del tubo de carbón activo/desorción con disolvente/ cromatografía de gases.
UNE 81584:1992	Determinación de alcoholes (n-propanol, 2-metil-1-propanol, 1-butanol) en aire. Método del tubo de carbón activo/desorción con disolvente /cromatografía de gases.
UNE 81585:1992	Determinación de éteres de glicoles (1-metoxi-2-propanol, 2-etoxietanol) en aire. Método del tubo de carbón activo/desorción con disolvente /cromatografía de gases.
UNE 81586:1998	Determinación de vapores orgánicos en aire. Método del tubo de carbón activo/desorción con disolvente /cromatografía de gases.
UNE 81587:2017	Exposición en el lugar de trabajo. Determinación de metales y metaloides en partículas en suspensión en el aire. Método de espectrometría atómica.
UNE 81588:1991	Determinación de cloruro de vinilo en aire. Método del tubo de carbón activo/ desorción con disolvente/ cromatografía de gases.
UNE 81596:1994	Determinación de ésteres i (acetato de etilo, acetato de 2-metilpropilo, acetato de n-butilo) en aire. Método del tubo de carbón activo/desorción con disolvente/ cromatografía de gases.
UNE 81597:1994	Determinación de ésteres ii (acetato de 1-metoxi-2-propilo, acetato de 2-etoxi etilo) en aire. Método del tubo de carbón activo/desorción con disolvente/ cromatografía de gases.
UNE 81598/1M:1998	Determinación de cetonas (acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona) en aire. Método del tubo de gel de sílice/desorción con disolvente/cromatografía de gases.
UNE 81598:1997	Determinación de cetonas (acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona) en aire. Método del tubo de gel de sílice/desorción con disolvente/cromatografía de gases.
UNE 81599:2014	Exposición en el lugar de trabajo. Determinación de partículas en suspensión en el aire (fracciones inhalable, torácica y respirable). Método gravimétrico.
UNE 81750/1M:1998	Determinación de estireno en aire. Método de muestreador pasivo por difusión/ desorción con disolvente/cromatografía de gases.
UNE 81750:1997	Determinación de estireno en aire. Método de muestreador pasivo por difusión/ desorción con disolvente/cromatografía de gases.

Los métodos validados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo son:

#### CR-03/2006

“Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada”

#### MTA/MA-014/A11

**Determinación de materia particulada (Fracciones Inhalable, torácica y respirable) en aire- Método gravimétrico.** Determinación gravimétrica de la materia particulada suspendida en el aire (aerosol) de los lugares de trabajo, captada mediante un elemento de retención apropiado. El límite de detección del método depende de la sensibilidad de la balanza analítica empleada, de las condiciones de operación y de la estabilidad gravimétrica de la pesada por lo que debe ser calculado por cada laboratorio. Este método puede utilizarse para realizar mediciones que tengan por objeto su comparación con el valor límite y para mediciones periódicas (véanse los apartados 4.5 y 4.6 de la Norma UNE-EN 482) en cumplimiento del RD 374/2001 sobre agentes químicos. También podría utilizarse para realizar mediciones para la evaluación aproximada de la concentración media ponderada en el tiempo (véase apartado 4.2 de la Norma UNE-EN 482), así como para realizar la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos (véase la Norma UNE-EN 689).

Se obtiene la concentración de materia particulada en aire, en miligramos por metro cúbico.

#### MTA/MA-056/A06

“Determinación de sílice libre cristalina (cuarzo, cristobalita, tridimita) en aire –Método del filtro de membrana / Difracción de rayos X”.

El método describe el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la determinación de los *polimorfos de la sílice libre cristalina* (cuarzo, cristobalita y tridimita) presentes en los lugares de trabajo, mediante su captación en un filtro de membrana y análisis por difracción de rayos X. Utiliza un patrón externo, una pastilla de silicio y

materiales de referencia certificados de cuarzo para el seguimiento y control de la precisión y exactitud de los resultados obtenidos.

**El intervalo de aplicación de este método** es de **10 mg a 200 mg de sílice cristalina por filtro**, aunque el límite superior del intervalo de trabajo puede ampliarse ya que la linealidad de la recta de calibrado se mantiene para cantidades superiores de sílice en el filtro. Este intervalo de trabajo incluye concentraciones comprendidas entre la décima parte y el doble del valor límite de exposición diaria VLA-ED para los polimorfos de sílice especificados

#### MTA/MA - 036/A00

**Determinación de cuarzo en aire - Método del filtro de membrana / Difracción de rayos X.** Por el método de polvo. Emplea un patrón interno como elemento de control de la preparación de las muestras y de las condiciones instrumentales. Además, la intensidad de las líneas de difracción de cada componente en una mezcla es proporcional a la cantidad presente. Por ello, es posible identificar y cuantificar al mismo tiempo las distintas variedades cristalinas de la sílice libre. **La estimación cuantitativa de cuarzo en la fracción de polvo respirable** se lleva a cabo como una operación habitual en algunos laboratorios.

**El intervalo de aplicación** de este método es de **20 mg a 200 mg de cuarzo por filtro**.

#### MTA/MA-057/A17

**Determinación de sílice cristalina (fracción respirable) en aire. Método de filtro de membrana/ Espectrofotometría de infrarrojos.** Este método puede presentar limitaciones cuando se presenten conjuntamente varios polimorfos de la sílice cristalina (cuarzo, cristobalita y/o tridimita) y otras sustancias interferentes (existe el problema de poder infravalorar la exposición). En este caso será necesario, para su cuantificación individual, utilizar el método MTA/MA-56/A06.

El método se ha validado en el intervalo de 10 µg/filtro a 200 µg/filtro de cada poliformo

de sílice cristalina (cuarzo y cristobalita), que corresponde a un intervalo de concentraciones en aire de 0,005 mg/m<sup>3</sup> a 0,1 mg/m<sup>3</sup> para un volumen de muestreo supuesto de 2000 litros de aire y que cubre el intervalo desde la décima parte al doble del valor límite de exposición diaria (VLA-ED) de ambos polimorfos

**MTA/MA-011/A87**

“Determinación de plomo en aire- Método filtro de membrana/Espectrofotometría de Absorción Atómica”

**MTA/MA-025/A92**

“Determinación de metales y sus compuestos iónicos en aire. – Método de filtro de membrana/espectrofotometría de absorción atómica”.

**MTA/MA-035/A96**

Determinación de arsénico, de sus compuestos en forma particulada y de vapores de trióxido de arsénico en aire- Método de generación de hidruros / Espectrofotometría de absorción atómica.

**MTA/MA-014/A11**

Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire - Método gravimétrico.

**5.4.5. CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE SUPERAR UN VALOR DE EXPOSICIÓN LÍMITE**

En base a los datos de concentración durante el muestreo y referido al valor límite ambiental para una jornada de 8 horas, se obtiene el índice de exposición, que es la relación de la exposición diaria con respecto al valor límite.

Para este cálculo, se pueden utilizar calculadoras, o utilizar las siguientes fórmulas con los datos obtenidos del laboratorio:

Utilizando los datos obtenidos de los cálculos de estudio básico, se hallarán los siguientes datos con éstas fórmulas:

$$\bar{X} \text{ (media aritmética)} = \frac{\sum \text{CEL}}{N}$$

**N** = nº total de muestras. Este valor se refiere a que se tiene en cuenta el nº de veces que se ha tomado muestra para el cálculo. (Por ejemplo, si hay 12 muestras en total N=12 en todo el cálculo).

**CEL** = concentración de exposición laboral, o Exposición Diaria

$$\text{MG (media geométrica)} = \sqrt[N]{\text{CEL}_1 \times \text{CEL}_2 \times \text{CEL}_3 \dots \times \text{CEL}_N}$$



Media geométrica (MG) = es el valor de P= 50%

$$\text{Ln}(MG) = \frac{\sum_{n=1}^N \text{LnED}}{N}$$

(Logaritmo natural de la media geométrica)

$$\text{ln}(GSD) = \sqrt{\frac{\sum [\text{ln}(MG) - \text{LnED}]^2}{N - 1}}$$

Ln (GSD) (Desviación estándar geométrica) = logaritmo natural de GSD

Ln(VLA<sub>ED</sub>) = calcular el logaritmo natural del Valor Límite Ambiental para el elemento estudiado.

$$Z = \frac{\text{ln}(VLA_{ED}) - \text{ln}(MG)}{\text{ln}(GSD)}$$

**p** (% de muestras que pueden superar el VLA) =  $p_{VLA} = (-Z) \times 100$

Aplica el criterio de decisión según UNE EN 689, donde **p** es la probabilidad de que el trabajador exceda el valor límite. Cuanto más próximo se encuentre el índice a 1, más próximo se encuentra el trabajador de superar la exposición límite:

- **Riesgo de exposición a priori bajo.** Si **[100- P<sub>VLA</sub>] ≤ 0.1%-**.  
Cuando la probabilidad de superar el VLA en cualquier jornada es ≤ a 0,1%, posiblemente no se produzca una exposición nociva para los trabajadores en cualquier jornada.  
Siempre que no empeoren las condiciones de exposición, no es necesario realizar una nueva revisión. No es necesario realizar mediciones periódicas. La exposición está controlada.
- **Riesgo de exposición a priori bajo.** Si **0.1% < [100- P<sub>VLA</sub>] ≤ 5%-**  
Cuando la probabilidad de superar el VLA en cualquier jornada está entre el 0,1 y el 5%, esto significa que hay una

indeterminación en el conocimiento de si se superan o no los valores límite de exposición según los datos de evaluación aportados.

Por lo que, necesita realizar un plan de mediciones periódicas de las condiciones de trabajo.

- **Riesgo muy elevado de superar el valor límite de exposición.**  
**Si [100- P<sub>VLA</sub>] > 5%-**  
Es decir, la probabilidad de que cualquier jornada supere el VLA supera el 5%, se alcanza no solamente cuando la media de las mediciones está por encima del valor límite, sino también cuando la probabilidad de superar el valor límite es alta.  
Se requieren medidas correctoras inmediatas y realizar una nueva valoración con mediciones para comprobar la reducción del riesgo.

Además, deberá tenerse en cuenta lo establecido en el RD 665/1997 en el Art.5, donde se especifica que no es suficiente con el cumplimiento de los valores límite, sino que el empresario debe garantizar que **el nivel de exposición de los trabajadores se reduzca a un valor tan bajo como sea técnicamente posible.**

## 5.5. CONTROLES PERIÓDICOS DE LOS NIVELES DE EXPOSICIÓN

La evaluación de la exposición laboral se realiza durante la primera evaluación y se repite cuando hay algún cambio significativo en:

- Las condiciones de trabajo. Ciclos de trabajo.
- El proceso industrial.
- Los productos o sustancias químicas.
- El valor límite.
- Consecuencias en los fallos de los equipos de protección.

Además de estar recogido en la normativa sobre control de los riesgos que producen las sustancias tóxicas y cancerígenas [6], la obligación de realizar revisiones periódicas, se tiene en cuenta lo indicado en la norma EN 689 [16]. El período inicial de frecuencia de muestreo se establece en 16 semanas, según el resultado de esta medición, las siguientes se realizarán según:

- Si la primera medición da  $EDp_1 \leq 0.25 (VLA_{ED})$  =  $EDp_1 \leq 0,0125$ - la próxima se realizará al cabo de 64 semanas.
- Si la primera medición da  $0.25 (VLA_{ED}) < EDp_1 \leq 0,5(VLA_{ED})$  =  $0,0125 < EDp_1 \leq 0,025$ -la próxima se realizará al cabo de 32 semanas.
- Si la primera medición da  $0,5(VLA_{ED}) < EDp_1 \leq 0,25 (VLA_{ED})$  =  $0,025 < EDp_1 \leq 0,0125$  la próxima se realizará al cabo de 16 semanas.

Donde **EDp** = Concentración de la Exposición diaria periódica calculado a partir de los siguientes datos:

$$C \text{ (concentración durante el muestreo)} = \frac{\text{masa de contaminante captado(mg)}}{\text{volumen de aire muestreado (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Concentración de la Exposición Laboral(CEL)} = \sum \left[ \frac{C_n \left( \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) \times t}{480 \text{ (min)}} \right]$$

$$\text{Índice de exposición(I)} = \frac{\text{Exposición diaria (CEL)}}{\text{Valor límite}}$$



n = número ordinal de la medición periódica  
N= nº total de muestras periódicas.  
Los tiempos muestreados tienen que ser  $\leq 480$  min.

Si sucesivas mediciones:

- **EDp<sub>n</sub>** dan muy por debajo de **10% de (VLA<sub>ED</sub>)**, es decir, valores de Concentración periódica  $EDp < 0,005 \text{ mg/m}^3$ , se puede considerar que la evaluación da como aceptable (el motivo inicial de indecisión se ha resuelto).
- **EDp<sub>n</sub>** da algún valor por encima de **VLA<sub>ED</sub>** >  $0,05 \text{ mg/m}^3$ , se puede considerar que la exposición es inaceptable. Aplicar las medidas correctoras una vez encontrada la causa, ya que las condiciones han variado. Volver a medir.
- **EDp<sub>n</sub>** da valores entre  $0,005 \text{ mg/m}^3 > VLA_{ED} > 0,05 \text{ mg/m}^3$ , se puede considerar que las condiciones de inseguridad en la probabilidad de superar el valor límite son las mismas, por lo que la periodicidad de las mediciones sigue igual.



06

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN



**Las medidas de prevención que se van a considerar en este capítulo son las que se deben adoptar en base a los resultados de las evaluaciones de riesgo realizadas anteriormente.**

Para considerar las medidas preventivas a adoptar, se han tenido en cuenta las indicaciones de la normativa vigente:

En cumplimiento del **artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales**, sobre los principios de la acción preventiva, el punto 1 da unas pautas sobre cómo priorizar las acciones:

1. El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención:
  - a) Evitar los riesgos.
  - b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
  - c) Combatir los riesgos en su origen.
  - d) Adaptar el trabajo a la persona, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción.
  - e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.
  - f) Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
  - g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
  - h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
  - i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
2. El empresario tomará en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y de salud en el momento de encomendarles las tareas.
3. El empresario adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo

*los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.*

Del **artículo 3 del Real Decreto 39/1997**, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, sobre la evaluación de riesgos da unas indicaciones similares sobre la priorización de las medidas:

*Artículo 3. Definición.*

*1. La evaluación de los riesgos laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse. Cuando de la evaluación realizada resulte necesaria la adopción de medidas preventivas, deberán ponerse claramente de manifiesto las situaciones en que sea necesario:*

*a) Eliminar o reducir el riesgo, mediante medidas de prevención en el origen, organizativas, de protección colectiva, de protección individual, o de formación e información a los trabajadores.*

*b) Controlar periódicamente las condiciones, la organización y los métodos de trabajo y el estado de salud de los trabajadores.*

Y 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, da indicaciones igualmente sobre qué actuaciones se pueden realizar :

*Artículo 4. Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos. Los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en trabajos en los que haya actividad con agentes químicos peligrosos se eliminarán o reducirán al mínimo mediante:*

- a) *La concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo.*
- b) *La selección e instalación de los equipos de trabajo.*
- c) *El establecimiento de los procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos utilizados para trabajar con agentes químicos peligrosos, así como para la realización de cualquier actividad con agentes químicos peligrosos, o con residuos que los contengan, incluidas la manipulación, el almacenamiento y el traslado de los mismos en el lugar de trabajo.*
- d) *La adopción de medidas higiénicas adecuadas, tanto personales como de orden y limpieza.*
- e) *La reducción de las cantidades de agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo de que se trate.*
- f) *La reducción al mínimo del número de trabajadores expuestos o que puedan estarlo.*
- g) *La reducción al mínimo de la duración e intensidad de las exposiciones.*

Para facilitar la aplicación de estos principios, dándole una priorización y una categorización se van a describir en los siguientes apartados, y utilizando como base la jerarquía que establece la **ISO 45001** sobre las medidas preventivas que hay que establecer, implementar y mantener para la eliminación de los peligros y la reducción de los riesgos para el trabajador.

De tal manera que aumenta la eficacia de la medida cuanto antes esté dentro de esa jerarquía, puesto que minimiza el riesgo de exposición y disminuye, a medida que se sube en la jerarquía.

---

## 6.1. ELIMINACIÓN DEL PELIGRO Y/O POSIBLES SUSTITUCIONES

---

Esto es, eliminar el riesgo antes de que aparezca. Éste es el procedimiento más seguro para controlar la exposición, puesto que actúa antes de que el riesgo exista.

Las medidas que principalmente logran eliminar/reducir la generación de partículas de polvo, en general vinculadas a la **fase de planificación** de los trabajos:

### 6.1.1 REDUCCIÓN POR SUSTITUCIÓN

Para los agentes químicos cancerígenos y mutágenos el principio de sustitución se aplica de forma aún más estricta puesto que deja de ser una prioridad en el conjunto de acciones preventivas para convertirse en un imperativo legal **“siempre que sea técnicamente posible”** (artículo 4 del Real Decreto 665/1997 sobre la prevención de riesgos derivados de agentes cancerígenos y mutágenos en el trabajo).

Existen muchos procedimientos en el sector para implantar el cambio. También se pueden consultar ejemplos de sustitución de materiales para casos concretos como en el chorro de arena (incluida comparativa de eficacia, precios, etc.), o en materiales como el hormigón y el cemento.

Las empresas pueden mejorar el bienestar de los trabajadores mediante la eliminación o reducción de productos químicos peligrosos, al tiempo que crean otros beneficios:

- Ahorro de costes por reducción de gastos por riesgos futuros.
- Eficiencia: mejora el rendimiento de los productos y trabajadores.

Los pasos a seguir para efectuar un plan de sustitución de productos nocivos podrían ser:

**PASO 1:** creación de un grupo de trabajo multidisciplinario en la empresa para liderar el cambio. Se procurará valorar toda la información y opiniones de los representantes de la empresa (con poder ejecutivo), técnicos de prevención, responsables de área, responsables de grupo, trabajadores que forman parte del proceso.

**PASO 2:** con la participación y consulta se debe conseguir el compromiso real de las partes integrantes, se deben realizar todas las consultas y pruebas pertinentes para que todas las partes estén implicadas y se comprometan formalmente en la sustitución progresiva de las sustancias (por ejemplo, desde los departamentos de compras, producción, ejecución, comerciales, etc.).

**PASO 3:** realizar un diagnóstico e identificar las sustancias químicas/procesos que se usan en la empresa que generan riesgos. Sobre los datos técnicos, se buscarán las propuestas que sean viables, tanto económica como técnicamente posibles. Hay que tener en cuenta que si no se hace una sustitución, hay que justificarlo para cumplir con la normativa (art. 4 y 5 Real Decreto 665/1997 sobre la prevención de riesgos derivados de agentes cancerígenos y mutágenos en el trabajo), y adoptar otras medidas a ser posible, de similar categoría de control de exposición al riesgo de exposición.

Una vez identificados los productos y propuestas las alternativas, se verificarán las siguientes preguntas para analizar qué daño pueden causar:

- ¿Es efectiva esta alternativa? ¿Cómo puede afectar a la calidad del producto/servicio que se realiza? ¿Afectará a la actividad comercial, teniendo que cambiar las condiciones de contratación con los clientes?
- Esta alternativa, ¿representa una amenaza inmediata para la salud de las personas? Por ejemplo, si se utiliza una sustancia corrosiva, una única dosis de exposición puede causar efectos nocivos que aparecerán justo después de la exposición.
- ¿El daño para la salud de la alternativa puede aparecer a largo plazo después de la exposición? Por ejemplo, si la sustancia es cancerígena.
- ¿La alternativa genera residuos? ¿Qué cantidad? ¿Son de fácil eliminación? ¿Son nocivos o tóxicos?
- ¿Es muy cara la alternativa?
- ¿La alternativa estará disponible en el futuro?
- ¿De qué forma se utilizará la alternativa? ¿Hay menos riesgo en usarla de forma líquida o de forma sólida? ¿Se genera polvo, aerosol o vapor al utilizarla?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de la alternativa? ¿Es volátil?

**PASO 4:** adoptar una política de compras para sustituir progresivamente los químicos peligrosos. Implantación de nuevos procedimientos. De dichos compromisos se sacarán unas acciones a realizar, planificadas en el tiempo para su posterior verificación.

La planificación incluirá personas responsables de cada acción, tiempo y recursos que se necesitan para esa acción (humanos, técnicos, económicos, etc.).

**PASO 5:** poner en marcha el programa de sustitución y manejo seguro de los compuestos químicos peligrosos. Este programa incluirá igual que antes, los responsables, plazos, responsabilidades.

**PASO 6:** documentar los avances hacia la reducción del uso de sustancias peligrosas y evaluar el plan.

Algunos ejemplos claros de sustitución de sustancias puede ser cambiar la limpieza de fachadas con chorro de arena por otra sustancia. Un pequeño estudio sobre las ventajas y desventajas en la aplicación de otra sustancia se recogen en la siguiente tabla:

Estudio comparativo de posibles productos que sustituyan la arena en el chorro de arena (Tabla 5)

	LIMITACIONES	APLICACIONES	VENTAJAS	EQUIPAMIENTO ESPECIAL	PROPIEDADES
<b>SILICATO DE ALUMINIO</b>	No es selectivo ni gradual; elimina la pátina natural de las rocas; produce grandes desperfectos en paramentos trabajados, aristas, etc.; se genera una gran cantidad de polvo en suspensión en seco.	Tratamiento de superficies y limpieza y restauración de fachadas.  Rapidez de aplicación; fácil aplicación sobre grandes superficies; apropiado para fachadas muy sucias.  En seco o en húmedo.	Está homologado en toda la CE, no contiene sílice libre, ni partículas férricas, materiales corrosivos ni materiales solubles en agua. Por lo tanto, no hay riesgo de provocar silicosis	Arenadoras portátiles, cuartos de chorreado y salas de granallado.  Chorreado con pistola con aire comprimido.  Necesita protección respiratoria porque produce polvo no tóxico.	Hasta 45% sílice en forma de silicato, composición variable (Sílice libre < 1%)
<b>GRANULOS DE VEGETALES TRITURADOS</b>	No crea un perfil de anclaje.	Este abrasivo en grano es chorreado sobre piezas delicadas, moldes, hileras de extrusión, turbinas, álabes, etc. y en general a todas aquellas operaciones que las superficies a tratar no admiten quedar agredidas o atacadas incrementando su rugosidad superficial.  Aplicación en seco.	Bajo Consumo.  Bajos Niveles de Polvo .  Biodegradable.	Se necesitan gafas y ropa de protección. No genera polvo.	Tamaño entre 400 y 2000 micras.
<b>GRANATE</b>		Retiro general de pintura, óxido y escamas de acero.  Sistemas de chorreado a presión y por inyección. Con agua o aire comprimido.	Presiones de boquilla inferiores (60-70 PSI).  Niveles de polvo bajos.  Tasa de limpieza rápidas se pueden reciclar 6-7 veces.	Ninguno requerido (componentes adicionales requeridos para reciclar).	Muy duro (MOH 8).  Muy pesado (SG 4.1).  Subangular.  < 5% polvo de sílice libre.
<b>MICROSFERA DE VIDRIO</b>	No es selectivo ni gradual; elimina la pátina natural de las rocas; produce grandes desperfectos en paramentos trabajados, aristas, etc.; se genera una gran cantidad de polvo en suspensión.	Equipos de chorrear en seco y en húmedo.  Chorreado con pistola con aire comprimido.	Rapidez de aplicación; fácil aplicación sobre grandes superficies; apropiado para fachadas muy sucias.	Si no hay ventilación adecuada en el puesto de trabajo, y las concentraciones son inferiores a:  10 veces el límite TWA (10 mg./m <sup>3</sup> . (Valor para materiales en forma de partículas sin asbestos y con < 1% sílice cristalina como fracción inhalable y 3 mg/m <sup>3</sup> fracción respirable), recomendamos el uso de una semimáscara de protección respiratoria.  Con filtro de serie N-, R-, o P- y un 95, 99, o 100% de eficiencia. Con concentraciones inferiores o igual a 25 veces el límite TWA, recomendamos el uso de un respirador de aire puro equipado  Con capucha o casco, con algún tipo de filtro de partículas.	Esferas de vidrio entre 0-1000 micras.  Compuesto de vidrio sódico cálcico (CAS: 65997-17-3; EINECS: 266-046-0).  Exento de sílice libre. En los casos en los que el producto disponga de tratamiento superficial, dicho tratamiento se presenta en concentraciones siempre inferiores al 1% en peso.
<b>OLIVINO</b>	Interiores. Exclusivo trabajos al aire libre	Chorreado con aire comprimido para fachadas y hormigón. Con agua y en seco.	Nivel de iones de cloruro bajo Conductividad baja.	Ninguno requerido.	Contiene y sílice (forma cristalina no libre) y magnesio.

### 6.1.2 REDUCCIÓN POR CAMBIO DE ACUERDO A LOS AVANCES DE LA TÉCNICA Y/O DE PROCESO DE TRABAJO

Medidas que principalmente evitan que el polvo generado en los procesos pasen al ambiente, en general son medidas vinculadas con avances de la técnica/procesos/organización:

#### TECNOLOGÍA PARA EL CONTROL DEL POLVO.

En este sentido hay muchas opciones dependiendo del proceso en el que se genere la exposición.

**1. Corte en húmedo:** las máquinas que tengan un sistema integrado de suministro de agua (desarrollado comercialmente específicamente para el uso de este tipo de herramienta) que continuamente alimenta agua a la cuchilla, debe ser usada y mantenida de acuerdo con las instrucciones del fabricante para minimizar las emisiones de polvo. El sistema de agua generalmente incluye una boquilla para rociar agua cerca de la cuchilla, y que está conectada a una cubeta de agua a través de una manguera y una bomba.

Para que el control de la emisión de polvo sea la adecuada, la completa implementación del sistema y el mantenimiento adecuado del aporte de agua se debe garantizar mediante un buen suministro de agua debe ser la mínima cantidad indicada por el fabricante. El caudal aportado debe ser el indicado por éste.

Para que el sistema de corte en húmedo funcione, se deben realizar con regularidad las siguientes tareas de mantenimiento:

- Comprobar que la boquilla de pulverización funcione correctamente para aplicar agua en el punto de generación de polvo. La boquilla de pulverización no debe estar obstruida o dañada.
- Que todas las mangueras y conexiones estén intactas.



Mesa de corte en húmedo (Imagen 1).

- Inspeccionar visualmente el accesorio de agua para asegurarse de que esté correctamente conectado a la fuente de agua y la herramienta.
- Inspeccionar la hoja de corte en busca de grietas, segmentos sueltos u otros posibles deterioros.
- Comprobar la manguera y el caudal de agua con regularidad para asegurarse de que sea suficiente para controlar el polvo generado para que no se emita polvo visible del proceso una vez que la cuchilla haya ingresado al sustrato (material) que se está cortando
- Ajuste de las boquillas para que el agua vaya al área de corte pero también que enfríe la cuchilla.
- Evitar que la suspensión húmeda se acumule y se seque.

**2. Aislamiento de cabinas cerradas con ventilación:** que provea de aire fresco y climatización al trabajador. Esta solución se debe adoptar cuando no se puedan implantar trabajos por control remoto.

Para que esta medida sea eficaz, la cabina debe:

- Mantenerse tan libre como sea posible de polvo acumulado.
- Disponer de cierres de puertas y mecanismos de cierre que funcionen correctamente.
- Las juntas y sellos deben permanecer en buenas condiciones.
- Se mantiene bajo presión positiva a través de la entrada continua de aire filtrado.
- Tiene aire de entrada que se filtra a través de un pre-filtro de por lo menos del 95% de eficiencia.
- Tiene la posibilidad de calefacción y refrigeración.
- El diseño de los mandos de la cabina está diseñado para disminuir la posibilidad de que el polvo se re-deposite en el interior o de que entre en la cabina o ambas.

**3. Herramienta con aspiración de polvo:** la eficacia del sistema de filtración de polvo cuando la herramienta sale de fábrica suele ser del 99%, en esas condiciones, se puede considerar que la herramienta es una protección efectiva contra las emisiones de polvo generadas por ésta. A partir de ese momento, en función del mantenimiento y del uso que se haga, ésta irá disminuyendo y al suponer una efectividad incorrecta, puede suponer una exposición dañina para los trabajadores, las acciones que hay que realizar para que esto no suceda son:

- Las herramientas se utilizan y mantienen según las instrucciones del fabricante, y proporcionan el caudal de aire recomendado por el fabricante o superior.



Lijadora con sistema de captación de polvo.  
Fuente: Bosch  
(Imagen 2).

- Sin otras medidas de control, las herramientas solo deben usarse al aire libre.
- La carcasa debe permanecer intacta e instalada de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- La manguera que conecta la herramienta al sistema de aspiración está intacta y sin pliegues ni curvas cerradas.
- Los filtros en la aspiradora se limpian o cambian de acuerdo con las instrucciones del fabricante para prevenir atasco o sobrellenado.
- Las bolsas de recogida de polvo se vacían en lugar y forma que evita la contaminación.
- **En sitios sin ventilación/ muy alta exposición a polvo:** se utiliza una aspiradora con filtro vacío HEPA (filtro de aire mecánico de alta eficiencia que atrapa partículas debe atrapar el 99,97% de las partículas con un tamaño superior a 0,3 micras). El aire comprimido se puede utilizar junto con un kit de limpieza de orificios. Se deben

revisar los filtros y verificar que el sistema funciona según la potencia de succión máxima.

- En este caso, se puede proporcionar una ventilación adicional según sea necesario para minimizar la acumulación de polvo visible en el aire cuando se opera en interiores o en un espacio cerrado (área donde se puede acumular polvo en el aire).

**4. Maquinaria que emite rocío de agua o mezcla de componentes:** son máquinas que pueden estar equipadas con lanzadores de agua (tritadoras, fresadoras, etc.) o pulverizadores con agentes tensioactivos que facilitan la precipitación del polvo generado.

- Procedimientos de control de emisiones de polvo, en los que se evite la creación de polvo o se reduzca, por ejemplo compactación de materiales, humectación de viales, colocación de lonas a camiones o acopios. En la foto de la imagen 3 se pueden implantar medidas de control como, por ejemplo, acopio de áridos en silos. Para otro tipo de acopio de materiales, se puede realizar en contenedores y tapar con lonas.



Falta de procedimiento de control de polvo en el acopio de áridos (Imagen 3).

Si se hubieran previsto medidas de control a distancia, el operario no se hubiera tenido que colocar en una situación de exposición por la cercanía a la actividad (Imagen 4).



- Medidas organizativas:
  - Evitar interferencias. Por ejemplo, se pueden ubicar los tajos para que no coincidan en el tiempo con trabajos que generen polvo. Si se puede ubicar el taller de ferralla o carpintería en zonas alejadas de acopios de áridos u otras tareas.
  - Sistemas de comunicación a distancia. Pueden reducir desplazamientos a los operarios que realizan tareas de control, por ejemplo, un gruista, maquinista, encargado, señalista, puede realizar las revisiones desde lugar seguro a la exposición
  - Rotación de turnos. Disminuye la exposición por trabajador

## 6.2. ELIMINACIÓN DEL PELIGRO POR UN CAMBIO SOBRE EL CENTRO DE TRABAJO

Esto implica realizar cambios que afecten al centro de trabajo para que éste permita que el trabajador esté menos expuesto a la exposición de sustancias perjudiciales para la salud. La medida a adoptar prioritaria, siempre que el tipo de centro de trabajo y la actividad lo permitan, será:

### 6.2.1. PRIORIZAR PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO EN SISTEMAS CERRADOS

O conseguir que el nivel de exposición se reduzca hasta el nivel inferior que la técnica lo permita.

El trabajo en los sistemas estancos o cerrados evita que el producto nocivo pueda llegar al trabajador. Si se pudiera optar por esta medida se tendrá en cuenta la pérdida de eficacia cuando no se realiza un mantenimiento adecuado.

En las obras de construcción que el centro de trabajo suele estar fuera de unas instalaciones, o éstas no son fijas, la medida más eficaz de ejecutar este control es aislar al trabajador mediante cabina cerrada.

### 6.2.2. ELIMINACIÓN DEL PELIGRO CUANDO NO SEA POSIBLE REALIZAR EL TRABAJO EN UN SISTEMA CERRADO

Cuando se trabaja en zonas interiores, o semi interiores que no dispongan de otra posibilidad de alejamiento de la zona de trabajo, se debe proporcionar ventilación adicional.

#### 6.2.2.1. Mejorar la ventilación

- **Ventilación por dilución**, sólo es recomendable cuando la concentración es baja o la toxicidad baja o muy baja.

Los medios adicionales podrían incluir: ventiladores portátiles (por ejemplo, ventiladores de caja, ventiladores de piso, ventiladores axiales, ventiladores oscilantes), sistemas de ventilación portátiles u otros sistemas que aumentan el movimiento del aire y ayudan a eliminar y dispersar el polvo en el aire.

Estos sistemas están totalmente desaconsejados cuando:

- la cantidad de contaminante generada es alta,
- los trabajadores están cerca de los focos,
- la dispersión del contaminante no es uniforme.

- **Extracción localizada**, que capta los contaminantes ambientales en las proximidades del foco que lo genera. Esto evita que el contaminante se disperse y aumente la concentración en el ambiente.

Existe un procedimiento de verificación, recomendaciones técnicas, para comprobar que el sistema es el adecuado, según el Anexo A-Riesgo químico. Sistemática para la Evaluación higiénica) [23].

No obstante, el sistema debe estar instalado y diseñado con las características técnicas necesarias para que la velocidad de la corriente de aspiración, el ventilador, la instalación en general cumpla con los requisitos de renovación de aire necesarios para considerar que el riesgo de exposición se reduce con eficacia. Siendo una de las partes más críticas del sistema el mantenimiento y el de evitar que el contaminante vuelva a entrar en el circuito de circulación de aire limpio.

#### 6.2.2.2. Limitación del material a utilizar.

En el procedimiento de trabajo se darán las pautas necesarias para que se verifique el uso de material estrictamente necesario, dentro de los requerimientos del proceso productivo o de manipulación en general del producto. Es recomendable que el procedimiento establezca



cantidades máximas, en caso de funcionamiento normal del proceso.

Dentro de esta medida se puede incluir el de sustituir el material, por ejemplo, las posibilidades de eliminar tipos de pintura, soldadura, mortero, etc. que requieren de muchas capas de aplicación por otras que sean de una sola.

#### 6.2.2.3. Selección de equipos de trabajo e instalaciones.

Se procurará decidir con anterioridad al inicio de los trabajos, el uso de equipos lo más herméticos posible. Teniendo en cuenta que deberán permitir que el trabajador realice las tareas lo más adecuadamente posible, con la visibilidad, precisión, etc. necesarias.

Como herramienta para elegir medidas de eliminación se ofrece la posibilidad de consultar las fichas anexas, donde se pretende dar una información actualizada sobre soluciones ya implantadas y contrastadas en la reducción de la producción del polvo.

## 6.3. MEDIDAS OPERATIVAS Y ORGANIZATIVAS

Son las medidas que se toman para reducir la exposición de los trabajadores una vez ya se encuentra la obra en ejecución:

- Señalización y limitaciones (por ejemplo, de acceso, de velocidad de circulación).
- Establecimiento de un programa de buenas prácticas.
- Formación y supervisión acerca de prevención y las buenas prácticas mencionadas.

Se exponen, a continuación, unos ejemplos para aplicar según el caso.

### 6.3.1. LIMPIEZA DE OBRA

El mantenimiento de la limpieza del centro de trabajo, evita que las posibles partículas de polvo y contaminantes puedan dispersarse. Algunas acciones a realizar para ello son:

- No dejar que el lodo o fango que pueda haberse formado en el suelo se seque y que el polvo pueda pasar al ambiente; gestionar este residuo adecuadamente.
- Limpiar a diario el área de trabajo y de forma regular la zona de trabajo (por ejemplo, semanalmente).
- Limpiar los equipos de trabajo con regularidad (por métodos húmedos).
- No limpiar con escobillas ni con utensilios de arrastre (escobas, cepillos).
- No utilizar aire comprimido como sistema de limpieza.

### 6.3.2. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Esta medida implica una planificación previa de los recursos que se necesitan para realizar una



tarea. De tal modo que no se mira únicamente la cantidad de trabajo pendiente, sino el tiempo que se necesita para ejecutarlo, lo que implica que tendremos un desglose de unidades que un solo trabajador puede realizar sin sobreexponerse a un riesgo. Para ello se habrán concretado los siguientes términos:

1. El tiempo límite de exposición por trabajador.
2. Turnos de trabajos necesarios para terminar una tarea.
3. Intercambio de tareas en cada turno.
4. Contabilizar la cantidad de recursos humanos necesarios para ejecutar dicha organización.

En caso de no cumplir esta organización, si está implantada como medida preventiva, la empresa podría incumplir con el límite de exposición de los trabajadores, por lo que se verificará su eficacia real.



Perforación con trabajadores en los alrededores sin proteger (Imagen 5).

## 6.4. MEDIDAS PREVENTIVAS ENFOCADAS A LOS TRABAJADORES

Cuando las medidas de prevención sobre el centro, organizativas, etc. anteriormente indicadas, no proporcionen una reducción suficiente del riesgo de exposición a polvo, o estas medidas no estén implantadas, o no se haya comprobado su eficacia, se deberán complementar con otras que estén dirigidas a proteger directamente a los trabajadores, estén en exposición directa o no.

Esto es, se deberán tener en cuenta las exposiciones indirectas, que pueden haber sido originadas por:

- La influencia de un puesto de trabajo que repercute en otros que se encuentran en zonas cercanas o en otros puestos de trabajo cercanos.
- La ventilación del lugar de trabajo puede exponer a trabajadores alejados de la zona de generación del polvo. La corriente de aire generada por la ventilación interior puede mover el polvo de un sitio a otro, al igual que el viento puede levantar polvo o incluso introducirlo dentro de habitáculos.
- El paso de vehículos puede levantar polvo y exponer a trabajadores cuyos puestos de trabajo no presentan, a priori, ningún riesgo de exposición.

Este tipo de medidas se pueden dividir en:

### 6.4.1. EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se deberá entregar equipos de protección individual para las vías respiratorias a todos aquellos trabajadores que en mayor o menor medida estén expuesto a partículas de polvo.

La adopción de esta medida preventiva **no supondrá, en ningún caso, la sustitución de otras medidas preventivas** de mayor protección a los trabajadores, como las indicadas en los apartados anteriores.

En resumen, el empleo de equipos de protección respiratoria **puede ser necesario en las siguientes situaciones:**

- Cuando las medidas de prevención y protección colectiva sean insuficientes, es decir, que no puedan asegurar que la exposición por vía inhalatoria no supere los límites ambientales y ésta no pueda evitarse por otros medios.
- Provisionalmente, mientras se adoptan las medidas de prevención y protección necesarias.
- Para aquellas operaciones “puntuales” o “excepcionales” en las que no exista la posibilidad de aplicar las medidas preventivas anteriores.

No obstante, aun cuando no se sobrepase el valor límite de exposición profesional, la empresa pondrá los equipos de protección respiratoria adecuados a disposición de los trabajadores, como un complemento de uso voluntario.

Hay que hacer ver al trabajador que, aunque no se superen esos valores, es recomendable usar la protección, ya que en el caso de sustancias cancerígenas o mutágenas, no está demostrada la ausencia de efectos bajo ningún umbral.

La intensidad de la exposición a polvo varía según la composición específica del material que se manipula, por lo que existiendo material susceptible de producirlo, se utilizarán todas las medidas preventivas indicadas al respecto.

#### 6.4.1.1. Tipos de equipos filtrantes contra partículas.

Para saber la protección mínima que tiene que ofrecer un equipo, se tiene que tener en cuenta la evaluación de riesgos (la posible exposición), los valores límite de los agentes químicos:

$$\text{Factor de Protección (FP)} = \frac{\text{Concentración de agente químico}}{\text{VLA}}$$



Siendo el Factor de Protección del equipo el valor mínimo que se debe utilizar en caso de existir riesgo de exposición. Una vez calculado este factor, se deberá escoger un equipo que tenga un factor superior, nunca igual o inferior.

Este factor se considera, siempre y cuando se utilice según las indicaciones del fabricante (en cuanto a limpieza, uso y mantenimiento del equipo) y se haya ajustado adecuadamente. Para que se pueda dar una orientación más intuitiva, se considera que un equipo con FP=10 reduce entre 10 la exposición a la sustancia de los trabajadores (por ello, se tendrá que ver la concentración ambiental para comprobar si esta reducción es suficiente para estar por debajo del límite considerado como nocivo para los trabajadores).

Estas protecciones son dependientes de la atmósfera externa, necesitan un mínimo de oxígeno del 20%.

Tipos de equipos de protección filtrantes. Fuente: HSE-Equipos de protección respiratoria en el trabajo (Tabla 6)

[24]

TIPOLOGÍA	CLASE	FPN	NORMA
 <p>Mascarilla autofiltrante para partículas sin válvula (Desechable)</p>	FFP1	4	EN 149
	FFP2	12	
	FFP3	50	
 <p>Mascarilla autofiltrante para partículas con válvula (Desechable)</p>	FFP1	4	EN 149
	FFP2	12	
	FFP3	50	
 <p>Media máscara/cuarto de máscara con filtros</p>	P1	4	Máscara: EN140 Filtros: EN143
	P2	12	
	P3	48	
 <p>Máscara completa con filtros</p>	P1	5	Máscara: EN136 Filtros: EN143
	P2	16	
	P3	1000	
 <p>Equipos filtrantes motorizado con capucha o casco</p>	TH1	10	EN12941
	TH2	50	
	TH3	500	
 <p>Equipo filtrante motorizado con máscara completa, media máscara o cuarto de máscara.</p>	TM1	20	EN12942
	TM2	200	
	TM3	2000	

Existen otros equipos de protección de respiración independiente de la atmósfera exterior, estos equipos se deben utilizar en casos puntuales como de mantenimiento, en los que no es posible tener instalada otra protección, en situaciones de emergencia, posibles situaciones tóxicas por interferencia de sustancias, desconocimiento de la atmósfera (por ejemplo, en caso de excavaciones en espacios cerrados, etc.).

Para implantar y desarrollar estas medidas preventivas, se deben seguir todas las indicaciones respecto a la capacitación de los trabajadores para su uso, mantenimiento, formación y vigilancia de la salud, que se desglosan a continuación.

#### 6.4.1.2. Programa de protección respiratoria

Para que la medida de protección respiratoria sea eficaz, y consiga reducir la exposición de los agentes químicos lo más cercano al nivel máximo esperado, se deben implantar unos procedimientos previos tales como:

#### Procedimientos de selección de equipos de protección:

El equipo debe ser el adecuado al peligro específico. No se dejarán equipos de protección de carácter genérico, o sin especificar para qué situaciones son válidos o no. Si existen tallas o características aplicables a

distintos trabajadores, éstos tendrán acceso y se les asignará, por lo que se realizará la siguiente asignación por empleado:

Respirador/talla. Tipo de respirador. Actividad de aplicación. Riesgo químico.

#### **Procedimientos de pruebas de ajuste para respiradores:**

El entrenamiento se realizará para todos los trabajadores que puedan llegar a utilizar un equipo de protección respiratoria.

Se dejarán registrados los nombres y fechas que han recibido dicho entrenamiento. Este entrenamiento debe constar de, al menos, los siguientes conocimientos:

- Saber por qué es necesario el respirador y cómo el mal ajuste, uso o mantenimiento inadecuados pueden comprometer su efecto protector.
- Limitaciones y capacidades del respirador.
- Uso efectivo en situaciones de emergencia.
- Como inspeccionar, poner y quitar, usar y revisar el sellado del respirador.
- Mantenimiento y almacenamiento.
- Reconocimiento de signos médicos y síntomas que pueden limitar o prevenir el uso efectivo.

#### **Procedimientos para el uso adecuado de respiradores en situaciones rutinarias y de emergencia:**

Se realizarán a los trabajadores todas aquellas demostraciones prácticas que contengan la información necesaria para poner, quitar y usar la protección con las posturas que éstos van a tener que adoptar para comprobar que se familiarizan con las características del respirador y sus tareas.

Tendrán conocimiento de la obligatoriedad u uso opcional, en el caso de que así lo indique la evaluación de riesgos.

#### **Procedimientos y programas de limpieza, desinfección, almacenamiento, inspección y reparación de respiradores:**

Se debe aclarar a los trabajadores quienes nos los responsables de dichas tareas, si ellos mismos, o existe algún otro responsable. En el primer caso, se les indicará cómo, cuándo y dónde se realizan dichas tareas.

Los elementos desechables se cambiarán y eliminarán de forma que se asegure que no se extralimita el uso de estos elementos.

Una vez limpiado y desinfectado un respirador, si así se necesita, se guardará con elementos que le aíslen del exterior, del polvo, la luz, humedad y temperaturas extremas.

Las tareas de mantenimiento e inspección rutinarias deben poderlas hacer cada usuario.

- Procedimientos para asegurar la calidad adecuada de aire, cantidad y flujo de aire para respiradores con suministro de aire.
- Evaluaciones médicas a los empleados que requerirán el uso de respiradores.

Todos estos programas tendrán indicados recursos, responsabilidades, etc. y serán integrados en el sistema productivo para asegurar su efectividad.

El responsable del programa de respiración respiratoria debe, además, realizar una inspección general del estado de las protecciones para verificar que el estado general es el adecuado.

#### **6.4.1.3. Programa de seguimiento médico a los trabajadores incluidos en el programa de protección respiratoria.**

Aquellos trabajadores que estén incluidos en el programa de protección respiratoria deben estar sujetos a un programa de vigilancia de la salud. El resultado de este seguimiento se incluirá en el seguimiento de la efectividad del programa de protección.

Además de los controles habituales, se realizarán además cuando existan trabajadores con síntomas de enfermedad respiratoria, o que se

ha comprobado la falta de buen uso de las protecciones.

Cuando cambien los procesos de trabajo, ritmos, carga de trabajo, etc. es posible que se cambien también las aplicaciones de los procedimientos de seguridad.

#### 6.4.1.4. Limitaciones del uso de protecciones respiratorias individuales

Cuando no se pueda asegurar un buen ajuste con la protección facilitada, como por ejemplo, por el uso de gafas correctoras, exceso de pelo facial, falta de talla adecuada, se limitará su uso hasta poder facilitar el equipo o la adaptación necesaria para ese trabajador.

El desechado de los elementos intercambiables de las protecciones se realizará a falta de información específica del fabricante con suficiente factor de protección, y como máximo cuando el usuario no consigue respirar con normalidad por la colmatación de los filtros.

Cuando la atmósfera es menor de 20% de oxígeno se necesitará un equipo de protección respiratoria autónoma, o tampoco se deben utilizar en situaciones de altas concentraciones de contaminante y el Factor de Protección no garantice la seguridad.

#### 6.4.2. FORMACIÓN E INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES

Para dar cumplimiento al RD 374/2001 sobre la protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con agentes químicos durante el trabajo, cuando existan productos químicos peligrosos en el lugar de trabajo, el trabajador recibirá la formación necesaria y realizar las prácticas necesarias con respecto a las acciones y participación en situaciones de accidente, incidente o emergencia.

Así como, de conformidad con el artículo 9 del anterior Decreto y los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de riesgos Laborales, los trabajadores y sus representantes deben recibir

la información y formación sobre los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, así como de las medidas adoptadas para la protección de esos riesgos.

Se consideran básicos los siguientes contenidos informativos:

- 1. Identificación de los agentes químicos** presentes en el lugar de trabajo e información sobre su peligrosidad intrínseca. Esta información comprenderá la indicación del tipo de riesgo, la categoría/indicación de peligro (frases H), pictograma y la descripción del mismo. En el caso de los productos no etiquetados, se recibirá la información de la evaluación de riesgos, así como de los efectos de la exposición a ese agente.
- 2. Información sobre las medidas preventivas** a adoptar (como las frases de prudencia, frases P, de las etiquetas). Las medidas preventivas a adoptar para disminuir el riesgo de exposición, como organizativas, de proceso de trabajo, etc.
- 3. Límites de exposición profesional españoles** o, en su defecto, de un organismo de reconocido prestigio internacional. Así como de los resultados de los controles de exposición ambientales del centro de trabajo.
- 4. Equipos de protección** (individual y colectiva) a emplear para el desarrollo de la operación.
- 5. Actuación en caso de emergencia:** vertido, salpicadura, incendio, explosión, etc. Medidas de lucha contra incendios afines al agente químico.
- 6. Primeros auxilios.** En caso de presentar lesiones de la salud, tener conocimientos de intoxicaciones agudas y sus efectos por inhalación de sustancias tóxicas.
- 7. Manipulación y almacenamiento.** Se tendrá en cuenta lo relativo a las fichas de seguridad. Igualmente, se tendrán



en cuenta las precauciones relativas a todos los productos resultantes de procesos.

8. **Controles de exposición/protección personal.** Conocimiento de la existencia de dichos controles y su efectividad como medida preventiva.
9. **Buenas prácticas de higiene.** Esto evita que la contaminación salga del entorno de trabajo.

Además, se considera importante que el trabajador reciba la siguiente información específica del riesgo de exposición a polvo:

1. Instrucciones sobre el propósito y la configuración de las áreas reglamentadas que marcan los límites de las áreas de trabajo que contienen contaminantes químicos.
2. Información sobre manejo seguro, etiquetado y almacenamiento de materiales tóxicos.
3. Discusión sobre la importancia de la sustitución, los controles de ingeniería, las prácticas de trabajo y la higiene personal para reducir la exposición a polvo y sustancias químicas.
4. Instrucciones sobre el uso y cuidado del equipo de protección adecuado (incluida la ropa de protección y la protección respiratoria).

Esta información se realizará de forma periódica y personalizada para el puesto de trabajo, ya que dentro de una misma empresa, el origen de un riesgo y su medida preventiva, puede variar.

De acuerdo al **Real Decreto 665/1997**, sobre la **protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**, hay que proporcionar a los trabajadores capacitación que incluya información sobre los efectos en la salud, las prácticas laborales y los equipos de protección para la exposición a los agentes químicos, que reitera los requisitos anteriormente indicados.

#### 6.4.3. **IMPLANTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE**

Se debe implantar un procedimiento que asegure que no existe contaminación cruzada (que resulte contaminado algún elemento fuera del control de la exposición), como por ejemplo, el comedor, las instalaciones de higiene y bienestar, o incluso fuera del entorno laboral. Lo que se debe concretar en estos procedimientos sería como mínimo:

- Señalización y delimitación de las zonas de exposición. De tal manera que los trabajadores tengan un área limpia y específica donde realizar sus descansos.

- Señalizar la prohibición de comer, beber o fumar en el lugar de trabajo.
- La ropa de trabajo debe poder separarse de la ropa de calle, de tal manera que el trabajador pueda disponer de tiempo para su aseo y cambiar la ropa antes de terminar su jornada.

**Aviso de próximo cambio normativo:**

***En cuanto a la limpieza de la ropa, y los términos anteriormente indicados, se deberán comprobar los cambios producidos en el RD 665/1997, con respecto a la exposición a agentes cancerígenos ya que convertirá en términos obligatorios el 17 de enero de 2020, por trasposición de la Directiva 2004/37 / CE: agentes carcinógenos o mutágenos en el trabajo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos en el trabajo, cuya última modificación la constituye la Directiva (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo, y podría implicar cambios significativos en cuanto a la responsabilidad de los empresarios ante la exposición a agentes incluidos en estas categorías.***

- Los trabajadores recibirán la información suficiente de los riesgos, sobre las medidas higiénicas a adoptar: lavarse las manos y cara con agua y jabón, además de cambiar la ropa antes de comer, beber o fumar.
- No se realizarán tareas de limpieza de la ropa ni sobre los trabajadores con sistemas de aire comprimido.

---

## 6.5. MEDIDAS PREVENTIVAS POR EQUIPO Y ACTIVIDAD

---

A continuación, se adjuntan las actividades y sus medidas preventivas. En algunas ocasiones las actividades son relacionadas con el uso de un equipo o maquinaria, por lo que el control de la exposición se hace en relación a su utilización.

El grado de exposición dependerá de los controles implantados en el puesto de trabajo y en los equipos de trabajo. Se hace una relación no exhaustiva de los equipos donde habitualmente se pueden producir las mayores exposiciones.

En este sentido, se añaden los resultados de los estudios de campo realizados para comprobar la exposición efectiva según unas condiciones habituales de trabajo en las obras de construcción, y los datos bibliográficos de otros estudios que pueden ayudar a completar la información en otros casos en los que no se disponen de datos de campo.

La discusión sobre los resultados de los estudios de campo se realiza en otro apartado.

### 6.5.1. CASOS PRÁCTICOS DE MEDICIONES DE EXPOSICIÓN

Para documentar de una manera práctica las medidas a adoptar en los casos de exposición que se exponen en este apartado se han tomado muestras donde se indican las condiciones de medición y exposición. Las consecuencias y el análisis de los resultados se discuten con cada tabla relacionada con la medición.

#### 6.5.1.1. Mediciones de exposición con utilización de herramientas y maquinaria

Para la captación de los agentes químicos en las máquinas y herramientas se ha utilizado:



DETERMINACIÓN	MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS	TÉCNICA ANALÍTICA	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)	MTA/MA-014/A11: Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire - Método gravimétrico	GRAVIMETRÍA	Filtro de fibra vidrio de 25 mm de diámetro, en casete de muestreador IOM para la fracción inhalable.	Bomba de alto caudal marca Gilian , modelos Giliar Plus y Giliar 3, calibrada mediante calibrador de bombas Gilibrator 2.

Además de los blancos de referencia (6 en total) se enviaron para el análisis de las muestras tomadas, captadas con portafiltro IOM de plástico y filtro de fibra de vidrio de 25 mm 1µ de poro.

Las muestras se han tomado en el interior de una nave y en el exterior. Éstas fueron realizadas en condiciones de viento y humedad altos.

Donde L.C. es el límite inferior de cuantificación del método.

Según lo indicado anteriormente, usaremos las fórmulas de calcular la exposición diaria en función del valor límite, tal y como se explica en el apartado **5.3.3. Calculando la estimación de la exposición.**

$$\text{Índice de exposición (I)} = \frac{\text{Exposición diaria (CEL)}}{\text{Valor límite}}$$

Siguiendo con este método de estimación, se ofrecen las acciones a realizar.

Se dan dos casos según los datos obtenidos:

- 1) NO DECISIÓN.** Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.

- 2) ACCIONES CORRECTORAS** inmediatas, y volver a medir para comprobar la eficacia de éstas.

Los datos completos del estudio aparecen al final del manual como ANEXO-I



Equipos y maquinarias	TAREAS REALIZADAS (trabajador/material)	CONDICIONES Y RESULTADO DE MUESTREO		VALORACIÓN DEL RIESGO		
		TIEMPO	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )	I=CEL/VLA	Estimación de la exposición	EPR
<b>Radial</b> (Imagen 6)	Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior	13	0,00 (<L.C.)	I=0.00/10=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=10)	NO DECISIÓN	FFP3
	Cortando piedra, en interior	22	20.67	I=20.67/10=2.06 (VLA partículas, F. inhalable=10)	ACCIONES CORRECTORAS	FFP3
<b>Mini excavadora</b> (Imagen 7)	Peón trabajando junto a mini moviendo gravilla húmeda, en exterior	25	55,17	I=55.17/10=5.51 (VLA partículas, F. inhalable=10)	ACCIONES CORRECTORAS	FFP3
	Operario de mini excavadora haciendo acopio de gravilla húmeda en exterior	26	0,00 (<L.C.)	I=0.00/10=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=10)	NO DECISIÓN	FFP3
	Peón trabajando junto a mini moviendo arena húmeda, en exterior	20	5,67	I=5.67/10=0.57 (VLA partículas, F. inhalable=10)	ACCIONES CORRECTORAS	FFP3
	Operario de mini excavadora paleando arena húmeda en exterior	20	4.33	I=4.33/10=0,43 (VLA partículas, F. inhalable=10)	ACCIONES CORRECTORAS	FFP3
<b>Mini barredora</b> (Imagen 8)	Peón trabajando junto a mini barredora, en exterior	20	0,00 (<L.C.)	I=0.00/10=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=10)	NO DECISIÓN	FFP3
	Conduciendo la barredora, en exterior	20	8.67	I=8.67/10=0,87 (VLA partículas, F. inhalable=10)	ACCIONES CORRECTORAS	FFP3
<b>Martillo picador</b> (Imagen 9)	Picando piedra, en exterior	16	0,00 (<L.C.)	I=0.00/10=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=10)	NO DECISIÓN	FFP3



Equipos y maquinarias	TAREAS REALIZADAS (trabajador/material)	CONDICIONES Y RESULTADO DE MUESTREO		VALORACIÓN DEL RIESGO		
		TIEMPO	CONCENTRACIÓN (mg/m³)	I=CEL/VLA	Estimación de la exposición	EPR
<b>Taladro</b> <i>(Imagen 10)</i>	Taladrando bloques de hormigón colocados en el suelo, en exterior	22	0,00 (<L.C.)	I=0.00/10=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=10)	NO DECISIÓN	FFP3
	Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior	20	0,00 (<L.C.)	I=0.00/10=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=10)	NO DECISIÓN	FFP3
	Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior	11	0,00 (<L.C.)	I=0.00/10=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=10)	NO DECISIÓN	FFP3
	Taladrando piedra, en interior	20	1.97	I=1.97/10=0,19 (VLA partículas, F. inhalable=10)	ACCIONES CORRECTORA	FFP3
<b>Mesa de corte de madera</b> <i>(Imagen 11)</i>	Cortando tableros de pino, en interior	23	0,00 (<L.C.)	I=0.00/5=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=5)	NO DECISIÓN	FFP1
<b>Mesa de corte</b> <i>(Imagen 12)</i>	Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior	21	220.31	I=220.31/10=22.03 (VLA partículas, F. inhalable=10)	ACCIONES CORRECTORA	FFP3
	Cortando con agua material cerámico, en interior	20	0,00 (<L.C.)	I=0.00/10=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=10)	NO DECISIÓN	FFP3
	Cortando con agua piedra, en interior	20	0,00 (<L.C.)	I=0.00/10=0,00 (VLA partículas, F. inhalable=10)	NO DECISIÓN	FFP3
<b>Sopladora</b> <i>(Imagen 13)</i>	Soplado de suelo en interior	20	35.84	I=35.84/10=3.58 (VLA partículas, F. inhalable=10)	ACCIONES CORRECTORA	FFP3



10



11



12



13

### 6.5.1.2. Mediciones de exposición de tarea en obra

En esta medición se ha tratado de valorar el riesgo de exposición a polvo, fracción inhalable, respirable y sílice libre en las siguientes condiciones:

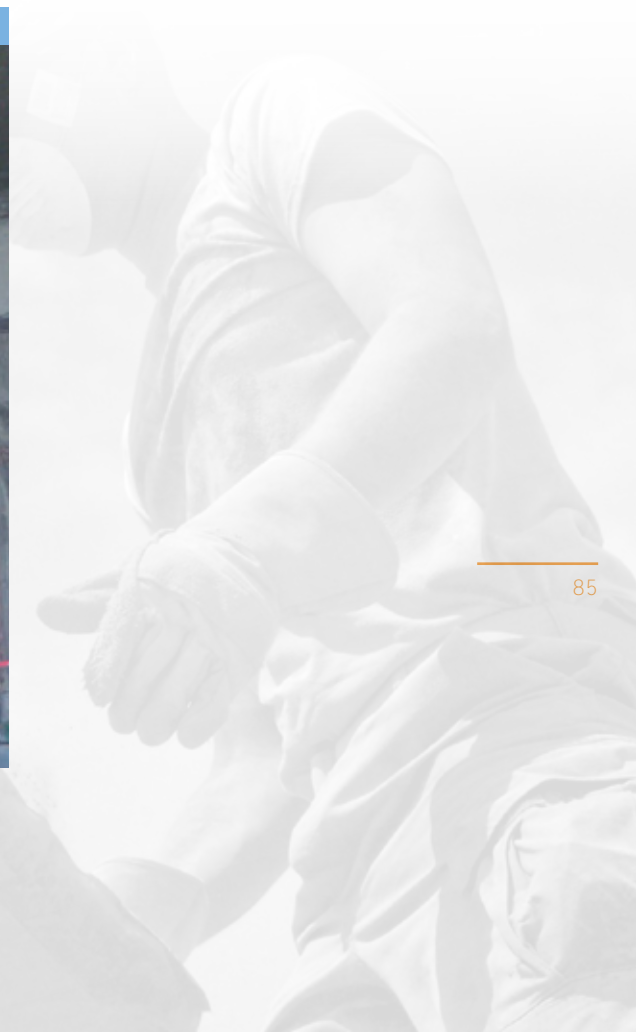
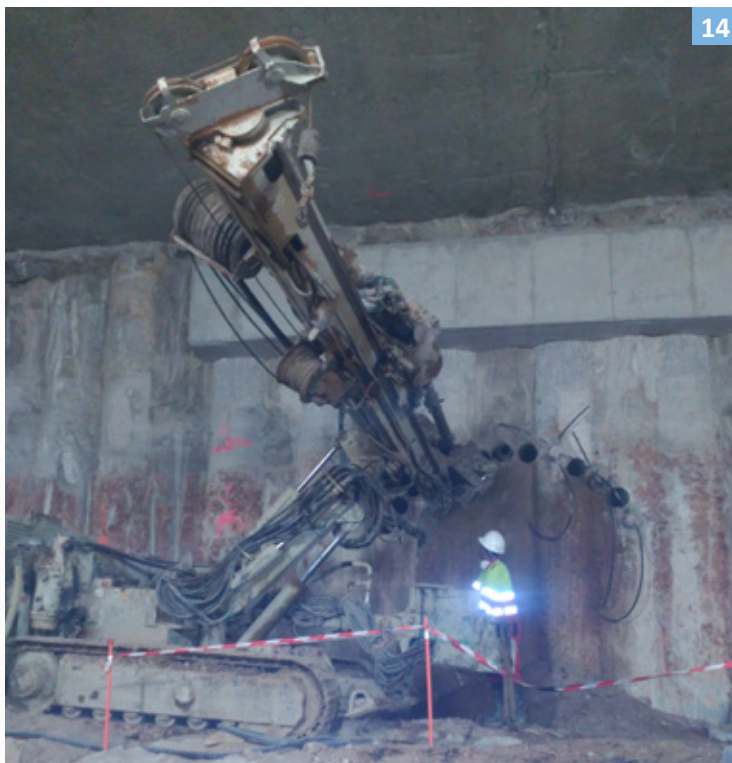
DETERMINACIÓN	MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS	TÉCNICA ANALÍTICA	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)	MTA/MA-014/A11: Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire - Método gravimétrico.	GRAVIMETRÍA	Filtro de fibra vidrio de 25 mm de diámetro, en casete de muestreador IOM para la fracción inhalable.	Bomba de alto caudal marca Gilian , modelos Gilian Plus, calibrada mediante calibrador de bombas Mesalabs Defender 510.
MATERIA PARTICULADA (Fracción respirable)	MTA/MA-014/A11: Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire - Método gravimétrico.	GRAVIMETRÍA	Soporte tipo Casella filtro pvc + ciclón tipo Casella.	Bomba de alto caudal marca Gilian , modelos Gilian Plus, calibrada mediante calibrador de bombas Mesalabs Defender 510.
SÍLICE LIBRE CRISTALINA(Fracción respirable)	MTA/MA-057/A17: Determinación de Sílice Cristalina (Fracción respirable) Filtro de membrana/ Espectrofotometría de infrarrojos	ESPECTROFOTOMETRÍA DE INFRARROJOS	Soporte tipo Casella filtro pvc + ciclón tipo Casella.	Bomba de alto caudal marca Gilian , modelos Gilian Plus, calibrada mediante calibrador de bombas Mesalabs Defender 510.

Se han tomado tres blancos para los métodos gravimétricos para realizar el promedio y realizar la corrección correspondiente.

Los datos obtenidos y la valoración de los mismos se da en la tabla siguiente:

**FRACCIÓN INHALABLE**

Equipos y maquinarias	TAREAS REALIZADAS (trabajador/material)	CONDICIONES Y RESULTADO DE MUESTREO		VALORACIÓN DEL RIESGO		
		TIEMPO	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )	I=CEL/VLA	Estimación de la exposición	EPR
Máquina de micropilotaje (Imagen 14)	Supervisor de las tareas en el túnel. El trabajador se encarga de controlar las tareas que se realizan en el frente de excavación del túnel y de los accesos al mismo.  No utiliza equipos o maquinaria, se cambiaba de ubicación entre el frente del túnel y la rampa de entrada.	120	1,12	I=1/10=0,10 CEL=Concentración media=1 (VLA partículas, F. inhalable=10)	Aunque el polvo recogido no alcanza el valor límite, que está muy por debajo del valor límite, se tiene que valorar la posibilidad de realizar muestras a otro puesto, o en otras fases de obra	FFP1
		120	0,88			



### FRACCIÓN RESPIRABLE

Equipos y maquinarias	TAREAS REALIZADAS (trabajador/material)	CONDICIONES Y RESULTADO DE MUESTREO		VALORACIÓN DEL RIESGO		
		TIEMPO	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )	I=CEL/VLA	Estimación de la exposición	EPR
Pala cargadora y camión <i>(Imagen 15)</i>	Supervisor de las tareas en el túnel. El trabajador se encarga de controlar las tareas que se realizan en el frente de excavación del túnel y de los accesos al mismo. No utiliza equipos o maquinaria, se cambiaba de ubicación entre el frente del túnel y la rampa de entrada.	240	<L.C.	I=<0,30/3=<0,10 CEL=Concentración media=<L.C. (VLA partículas, F. inhalable=3)	Aunque no se han encontrado concentraciones de polvo respirable, ni sílice cristalina, se tendría que hacer un muestreo más específico a trabajadores con uso de maquinaria para descartar la exposición.	FFP1
		240	<L.C.	I=<0,005/0,05=<0,050 CEL=Concentración media=<L.C. (VLA partículas, F. inhalable=0,1)		



### 6.5.2. CASOS BIBLIOGRÁFICOS DE MEDICIONES DE EXPOSICIÓN.

Se añaden a continuación datos de mediciones de exposiciones a productos y sustancias y sus medidas preventivas recomendadas.

- Soldaduras en acero inoxidable: Exposiciones de Níquel, Cromo, Manganeso. Dado que se trata de sustancias cancerígenas, se deben realizar mejoras en todas las categorías de medidas preventivas.

Datos recogidos en “Estudio de la exposición a los humos generados en la soldadura de acero inoxidable” [25].

- La toma de muestras y análisis se llevó a cabo de acuerdo con el método MTA/MA-014/ A88:
- Bomba de medio caudal, 1,5 l/min.
- Captación: filtros de membrana de acetato de celulosa, de 0.8 µm de tamaño de poro.
- Soportes de celulosa de 37mm en casetes de poliestireno de dos cuerpos.
- Al menos un blanco por jornada.
- Tareas muestreadas: soldadura TIG en mayor medida. Mezcla de técnicas, como manual, semi automática, automática.
- Muestras personales a 1 a 3 trabajadores, de 6-160 minutos.
- 17 centros de trabajo. 120 muestras en total
- MTA/MA-025/A92 Determinación de metales y sus compuestos iónicos en aire Método de membrana / espectrofotometría de absorción atómica.
- Las altas exposiciones de los trabajadores a Cromo, Níquel, Manganeso, Molibdeno, son debidas en resumen a la falta de:

1. No había un listado con los trabajadores expuestos.
2. La formación e información a los trabajadores debía ser específica.
3. La vigilancia de la salud, no tenía en cuenta los riesgos asociados al puesto de trabajo, en la mayoría de los trabajos.
4. Falta de procedimientos específicos de trabajo a la exposición de productos cancerígenos.
5. El sistema más habitual para disminuir los humos de soldadura, es la ventilación natural, combinada a veces por extracción localizada. En estos casos, es importante que el trabajador adapte la extracción al punto de soldadura.
6. La protección individual, en la mayoría de los casos, los trabajadores disponían de protección, en algunos casos, cascos autoventilados, y otros con mascarillas autofiltrantes, lo habitual es que el tipo de protección se utilice a criterio del trabajador.

Para la toma de muestras, se debe tener en cuenta la norma UNE-EN ISO 10882-1 “Seguridad e higiene en el soldeo y procesos afines. Muestreo de partículas en suspensión y gases en la zona de respiración del operario. Parte 1: Muestreo de partículas en suspensión. (ISO 10882-1:2011)”.

### 6.5.3. DEMOLICIONES, MOVIMIENTO DE TIERRAS. ACTIVIDADES CON MAQUINARIA

#### DEMOLICIONES, MOVIMIENTO DE TIERRA. MAQUINARIA

EQUIPO/TAREA	MEDIDAS DE CONTROL TÉCNICO Y DE PROCEDIMIENTOS	EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA
Vehículos de demolición para desgastar por rozamiento, fracturar. Carga de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar vehículos con cabina cerrada.</li> <li>- Para evitar contaminación a terceros, utilizar vía húmeda en las zonas de circulación en cantidad suficiente.</li> <li>- Operador sale del vehículo, y existen otros trabajos de demolición sin vía húmeda.</li> </ul>	<p>No necesaria</p> <p>No necesaria</p> <p>FFP1</p>
Martillos picadores Sierras de empuje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si se utiliza una herramienta equipada con un sistema de agua que suministre agua en el punto de impacto, cuando se utiliza:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Al aire libre, en turnos de menos de 4 horas</li> <li>- Turnos de más de 4 horas</li> <li>- En espacios cerrados.</li> </ul> </li> <li>- Sin aporte de agua</li> </ul>	<p>No necesaria</p> <p>FFP1</p> <p>FFP1 (desde el principio)</p> <p>FFP3</p>
Retirada y acopio de escombros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maquinaria equipada con cabina cerrada. Operador en el interior.</li> <li>- Operador sale del vehículo, y existen otros trabajos de demolición.</li> </ul>	<p>No necesaria</p> <p>FFP1</p>
Fresado de pavimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar una máquina equipada con pulverizadores de agua complementarios para eliminar el polvo. El agua debe combinarse con un agente tensoactivo.</li> </ul>	<p>No necesaria</p>
Compactación (Uso de compactador, pisón, rodillo vibrante)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar vehículos con cabina cerrada</li> <li>- Para evitar contaminación a terceros, utilizar vía húmeda en las zonas de circulación en cantidad suficiente.</li> <li>- Operador sale del vehículo, y existen otros trabajos de demolición sin vía húmeda.</li> </ul>	<p>No necesaria</p> <p>No necesaria</p> <p>FFP1</p>
Cimentaciones, perforaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de los lodos de bentonita en balsas separadas. Evitar los restos secos que levantan polvo (arcillas de &gt;66% de sílice) mediante humectación de los suelos. Aspiración en maquinaria.</li> <li>- Para el proyecto de hormigón, se utiliza habitualmente la vía húmeda.</li> <li>- Cuando la mezcla se introduce en la máquina de proyección sin agua, y ésta se añade a la salida de la tobera, se produce polvo.</li> </ul>	<p>No necesaria</p> <p>No necesaria</p> <p>FFP1</p>



**6.5.4. LIJADO, CORTE, SERRADO.  
ACTIVIDADES CON HERRAMIENTAS**

**LIJADO, CORTE, SERRADO. HERRAMIENTAS**

EQUIPO/TAREA	MEDIDAS DE CONTROL TÉCNICO Y DE PROCEDIMIENTOS	EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA
Corte y taladro (fijos, de mano)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las sierras y taladros fijos deberán utilizarse siempre con vía húmeda. Se pueden utilizar en interior y exterior.</li> <li>- Las sierras de mano con vía húmeda.</li> <li>- Sierra de mano vía seca en exteriores.</li> <li>- Sierra de mano vía seca en interiores.</li> </ul>	<p>No necesaria</p> <p>No necesaria</p> <p>FFP1 cuando se trabaja &gt;4 horas.</p> <p>FFP1 desde el principio</p>
Lijado, labrado de superficies. Pulido y desbastado de superficies de hormigón. (Amoladoras manuales y de asiento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con sistema de recogida de polvo por aspiración.</li> <li>- Con sistema de liberación de agua sobre la superficie a lijar.</li> </ul>	<p>FFP1 para turnos de &lt;4 horas.</p> <p>FFP3 para turnos de &gt;4 horas</p> <p>No necesaria.</p>

**6.5.5. TAREAS POR OFICIOS**

**TAREAS POR OFICIOS**

EQUIPO/TAREA	MEDIDAS DE CONTROL TÉCNICO Y DE PROCEDIMIENTOS	EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA
Mezclado y acopio de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se procurará contratar los morteros fabricados en taller. Se priorizará el suministro a granel que en sacos, y utilización en tolvas en obra.</li> <li>- Cuando se tengan que manejar los materiales acopiados en obra, mediante palas cargadoras, mecánicas o manuales, se procurará en la medida que proceso lo permita, permanecer el material lo más humedo posible.</li> </ul>	<p>No necesaria.</p> <p>FFP1 cuando no haya vía húmeda.</p> <p>FFP1 en vía húmeda en turnos &gt;4 horas ejecutando la tarea.</p>
Aplicación de mortero, hormigón, etc. manualmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al exterior la aplicación en vía húmeda.</li> <li>- En interior o mala ventilación.</li> </ul>	<p>No necesaria.</p> <p>FFP1 cuando no haya vía húmeda.</p> <p>FFP1 en vía húmeda en turnos &gt;4 horas ejecutando la tarea.</p>
Limpieza y mantenimiento de fachadas. Chorreado abrasivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se evitarán los trabajos en seco. Y se habrán estudiado los casos de sustitución de elementos abrasivos por otros (con estudio de toxicidad del sustituto).</li> <li>- En húmedo. En solución acuosa con silicatos de aluminio, olivino, granate, otros materiales con aporte de metales.</li> <li>- Para evitar el arranque de materiales de la fachada con la lanza de agua, se procurarán dar elementos detergentes o fungicidas. Esto evita tener que aplicar abrasivos que al final aunque no se genere el polvo en el proceso de chorreo, se genera como producto final.</li> </ul>	<p>Equipos aislantes con aporte de aire fresco desde el principio.</p> <p>FFP3 desde el principio.</p> <p>FFP1 desde el principio</p>
Corte y tratamiento de madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Como las maderas suelen venir mezcladas, es difícil saber si se trata de maderas duras o blandas. En primer lugar se tratará de realizar los trabajos con maderas blandas cuando sea posible.</li> </ul>	<p>FFP1 (en el caso de maderas blandas)</p> <p>FFP2 mínimo (maderas duras)</p>

TAREAS POR OFICIOS

EQUIPO/TAREA	MEDIDAS DE CONTROL TÉCNICO Y DE PROCEDIMIENTOS	EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA
<p><b>Trabajos de pintura</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la medida de lo posible, se utilizarán medios de aplicación que no emitan partículas al ambiente (evitar spray) y en húmedo.</li> <li>- Se elegirán materiales lo menos nocivos posibles. Y teniendo en cuenta la interferencia con los demás productos a aplicar (disolventes, desengrasantes, etc.)</li> <li>- Se revisará la existencia de ventilación natural, en caso de no ser suficiente (por utilizar pinturas con partes metálicas, o disolventes que emiten vapores tóxicos), se utilizará ventilación adicional localizada.</li> <li>- Se revisarán todas las fichas de seguridad para ver la limitación de aplicación de cada tipo de pintura, hay algunos productos que no admiten cualquier tipo de aplicación.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- También se tendrán en cuenta las incompatibilidades en cuanto a utilización posterior de disolventes o soldaduras.</li> <li>- El almacenaje será de acuerdo a normativa y deberá ser señalado en caso de productos tóxicos o nocivos.</li> </ul> </li> </ul>	<p>FFP2 desde el principio, si se utiliza aplicación dispersiva.</p> <p>FFP2 con pinturas con sustancias nocivas, con cierta ventilación</p> <p>FFP1 con pinturas sin sustancias nocivas o con buena ventilación</p> <p>FFP3 en los casos de falta de ventilación y sustancias nocivas</p> <p>Equipos aislantes con aporte de aire fresco desde el principio.</p> <p>En los casos con falta de oxígeno como espacios confinados.</p>
<p><b>Soldadura</b></p>	<p>Durante los trabajos en caliente se desprenden partículas de polvos metálicos principalmente, de los electrodos y de la pieza a soldar. Estudiar la composición de ambos para ver incompatibilidades (por ejemplo si la pieza tiene desengrasantes). Y aplicación correcta de temperatura de soldadura que permite reducir la cantidad de partículas emitidas.</p> <p>Evitar en lo posible la utilización de electrodos de tungsteno toriado por emitir partículas altamente nocivas.</p> <p>Se deben instalar a ser posible, medios de extracción localizada. Cuando el centro no lo permita se podrán instalar equipos portátiles.</p> <p>No realizar nunca la limpieza del centro en seco, ni con métodos de barrido. Siempre mediante aspiración.</p> <p>En sitios cerrados o con poca ventilación (confinados, etc.).</p>	<p>FFP2</p> <p>FFP3 (cuando se utilice)</p> <p>FFP2 (cuando no se utilice extracción en el puesto)</p> <p>FFP2</p> <p>Equipos aislantes con aporte de aire fresco desde el principio.</p>

07

LEGISLACIÓN  
Y NORMATIVA  
DE REFERENCIA

## 7.1. NORMATIVA VIGENTE NACIONAL

### 7.1.1. DE CARÁCTER GENERAL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

- **Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL),**
- **RD 1627/1997**, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- **RD 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Su última actualización data de julio de 2015.
- **RD 773/1997**, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- **RD 171/2004**, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 2 de La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en material de coordinación de actividades empresariales.

### 7.1.2. DE CARÁCTER ESPECÍFICO A LA EXPOSICIÓN DE POLVO

- **Real Decreto 1299/2006**, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. Modificada por el Real Decreto 257/2018, de 4 de mayo.

- Se añade dentro del grupo 6 de Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos, el polvo de sílice libre como generador de cáncer de pulmón.

- Anteriormente ya estaba incluido en el grupo 4 de Enfermedades profesionales causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados, el polvo de sílice respirable como sustancia que producía silicosis.

- Están contemplados para trabajos de Obras públicas, trabajos con chorro de arena, trabajos en seco de manipulación y corte de minerales y piedra, todos ellos relacionados con el sector de la construcción.

- **Real Decreto 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. Modificado por el Real Decreto 598/2015, de 3 de julio.

- Una vez que la evaluación de riesgos indica que hay que tomar medidas específicas de protección y prevención. El empresario eliminará o minimizará la exposición al riesgo.

- Se indica que "la evaluación de riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda".

- También indica que "los procedimientos de medida a utilizar se establecerán siguiendo la normativa específica que sea de aplicación, incluyendo aquella relativa a los requisitos exigibles a los instrumentos de medida, y que en todo caso se utilizarán métodos validados que proporcionen resultados con el grado de fiabilidad requerido".

En este sentido, la norma UNE-EN 482:1995 "Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de los agentes químicos" establece los

requisitos que deben reunir las mediciones cuyo objeto es la comparación con los valores límite de exposición profesional.

- **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. Modificado por el Real Decreto 598/2015, de 3 de julio.

Trasposición de la Directiva 2004/37 / CE - agentes carcinógenos o mutágenos en el trabajo, de 29 de abril de 2004. Modificada por última vez por la Directiva (UE) 2017 / 2398 del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2017.

- En el Anexo I- Lista de sustancias, mezclas y procedimientos: se añade el punto 6 donde se reconocen: "Trabajos que supongan exposición al polvo respirable de sílice cristalina generado en un proceso de trabajo" son agentes carcinógenos.
- En el Anexo III de la Directiva se establece un valor límite de exposición ocupacional de 0,1 mg / m<sup>3</sup> para el polvo de sílice cristalina respirable (medido a 20 °C y 1 atmósfera de presión). El valor 0.05 mg/ m<sup>3</sup> de cristobalita, no es vinculante, sólo una recomendación.
- El considerando 19 de la Directiva 2017/2398 reconoce las buenas prácticas del Acuerdo NEPSI como "instrumentos valiosos y necesarios para complementar las medidas reglamentarias y, en particular, para apoyar la aplicación efectiva de los valores límite".
- La Directiva entró en vigor el 16 de enero de 2018 y la fecha límite de transposición en las leyes de los Estados miembros es el 17 de enero de 2020.
- El polvo respirable de la sílice cristalina generado en un proceso de trabajo no está sometido a clasificación con arreglo al Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas peligrosas (CLP).
- Se recoge también la posibilidad de prolongar un control médico adecuado a los trabajadores con riesgo de exposición,



para su oportuna protección, una vez finalizada aquella y por indicación del médico o autoridad responsable del control médico, lo que implica la necesidad de modificar el artículo 14 de la Directiva 2004/37/CE para garantizar el control médico.

- La empresa debe identificar y evaluar los productos, reducir la exposición en la medida de lo posible, realizar un control y seguimiento de las medidas, así como vigilancia de la salud.

• **Reglamento (CE) nº 1272/2008 - clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP)**, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, por la que se modifican y derogan las Directivas 67/548 / CEE y 1999/45 / CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006 .

- Este Reglamento derogó las Directivas 67/548 / CEE y 1999/45 / CE a partir del 1 de junio de 2015.

- Artículo 29. Excepciones a los requisitos de etiquetado y envasado: 3. Cuando una sustancia o mezcla peligrosa que figure en la parte 5 del anexo II se suministre al público en general, sin envasar irá acompañada de una copia de los elementos que deben figurar en la etiqueta conforme a lo dispuesto en el artículo 17. Esto es aplicable a **Cemento y hormigón premezclados húmedos**.

- Incorporado al derecho español mediante **Real Decreto 1802/2008, de 3 de noviembre**, por el que se modifica el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, con la finalidad de adaptar sus disposiciones al Reglamento REACH.

## 7.2. NORMATIVAS, DIRECTRICES Y REFERENCIAS

Las Normas son recomendaciones no vinculantes, siempre y cuando no haya una Legislación española o Directiva europea que la haga de obligado cumplimiento.

Las directrices y referencias son recomendaciones de organismos de reconocido prestigio y de los cuales se hace mención para apoyarse en el cumplimiento de la Normativa Vigente.

### • **Protocolos de vigilancia sanitaria específica:**

- Silicosis y otras neumoconiosis.
- Asma laboral
- Plomo

• **Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2019**, elaborado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).

• **UNE-EN 481:1995:** "Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles".

• **UNE-EN 482:2012+A1:2016:** Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de contaminantes químicos.

• **UNE-EN 529:2006** "Equipos de protección respiratoria. Recomendaciones sobre selección, uso, cuidado y mantenimiento. Guía."

• **CEN/TR 15230:2005.** Atmósferas en el lugar de trabajo: guía para el muestreo fracciones de aerosol inhalables, torácicas y respirables.

• **UNE-EN 13205-** Evaluación del funcionamiento de los equipos de muestreo para la medición de concentraciones de aerosoles.



- **MTA/MA-014/A11** - Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire- Método gravimétrico.
- **UNE-EN 689:1996** “Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición”
- **UNE 81550:2017** “Exposición en el lugar de trabajo. Determinación de sílice cristalina (fracción respirable) en aire. Método de espectrofotometría de infrarrojo”.
- **UNE 81559:2014** “Exposición en el lugar de trabajo. Determinación de partículas en suspensión en el aire (fracciones inhalable, torácica y respirable). Método de gravimétrico”.
- **UNE-EN 13205-6:2015** “Atmósferas en el lugar de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los instrumentos para la medición de concentraciones de aerosoles”.
- **Acuerdo sobre la protección de la salud de los trabajadores a través de la adecuada manipulación y el buen uso de la sílice cristalina y de los productos que la contienen (NEPSI [2]).** En 2006 los representantes de los empresarios y trabajadores del sector de la producción, principalmente de sílice, formaron el consejo para mejorar la seguridad y la salud en el trabajo con respecto a la sílice cristalina. Creando la red europea de sílice.
  - Concretamente, la Directiva (UE) 2017/2398 menciona que “las guías y ejemplos de buenas prácticas elaborados por la Comisión, los Estados miembros o los interlocutores sociales, u otras iniciativas como este documento son instrumentos útiles y necesarios que complementan las medidas reguladoras y, concretamente, apoyan la aplicación efectiva de valores límite, por lo que debe considerarse seriamente su utilización”.

- En 2016 se realizó un estudio de su implantación realizando mediciones sobre su exposición, estos datos han servido como base para adaptar la normativa de agentes carcinógenos o mutágenos.

- **UNE 81550:2017. "Exposición en el lugar de trabajo. Determinación de sílice cristalina (fracción respirable) en aire. Método de espectrofotometría de infrarrojo".** El procedimiento de medida de este método no se puede aplicar para mediciones de cómo varía la concentración en el tiempo y/o espacio.

- **COSHH Essentials:** Es una metodología de evaluación de riesgos desarrollada por el **Health and Safety Executive (HSE)** del Reino Unido para ayudar a las empresas a cumplir las normativa sobre control de sustancias peligrosas (COSHH). Se utiliza principalmente para determinar la medida de control más apropiada para la tarea que está siendo valorada y no específicamente para determinar el nivel existente de riesgo. Sin embargo, puede utilizarse para comparar alternativas, al poder determinar los niveles de riesgos de diferentes sustancias o productos.

- **INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST)-** Metodología para evaluación de la exposición del riesgo por inhalación de SCR, desarrollada en diversas notas técnicas del INSST: NTP 872, NTP 750, NTP 406, NTP 407

- **INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ (INRS)** de Francia- Desarrolla un método de evaluación de riesgos de la exposición. Se complementa con el desarrollado por HSE, al no estar contemplado y actualizado el riesgo de exposición a la sílice.

- **INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST)-** portal temático para conocer más información sobre la selección de los equipos

- **OSHA-Occupational Safety and Health Administration of USA-**OSHA es parte del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos. El administrador de OSHA es el Subsecretario de Trabajo para Seguridad y Salud Ocupacional. El administrador de OSHA responde al Secretario de Trabajo, que es miembro del gabinete del Presidente de los Estados Unidos.

Desde <<https://www.osha.gov/about.html>>





# ACRÓNIMOS

---

**NEPSI:** European Network for Silica

**IARC:** International Agency for Research on Cancer

**SCOEL:** Scientific Committee on Occupational Exposure Limits

**EPOC:** Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

**SCR:** Sílice Cristalina Respirable

**INS:** Instituto Nacional de Silicosis

**INRS:** Institut National de la Recherche et de Sécurité (FRANCE)

**LPRL:** Ley de Prevención de Riesgos Laborales

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

**VLA-ED:** Valor Límite Ambiental - Exposición Diaria

**VLA-EC:** Valor Límite Ambiental - Exposición de Corta Duración

**VLB:** Valor Límite Biológico

**ITC:** Instrucción Técnica Complementaria

**EPI:** Equipo de Protección Individual

**EPR:** Equipo de Protección Respiratoria

**FTIR:** Espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier

**DRX:** Difracción de Rayos X

**RSP:** Reglamento de los Servicios de Prevención

**RGNBSM:** Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera

**OHSAS:** Occupational Safety and Health Administration (US)

**UE:** Unión Europea

**UNE:** Una Norma Española

**HSE:** Health and Safety Executive (UK)

# REFERENCIAS

- [1] AENOR, «UNE-EN 481:1995 Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.» 1995.
- [2] NEPSI (The European Network of Silica), «Guía de Buenas Prácticas para para la Protección de la Salud del trabajador mediante la adecuada manipulación y uso correcto de la Sílice Cristalina y de los productos que la contengan,» UE, 2006.
- [3] INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST), «Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2019,» Madrid, 2019.
- [4] Gobierno de España, «RD 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad social y se establecen criterios para su notificación.» 2006.
- [5] Parlamento Europeo y del Consejo, «Reglamento (CE) Nº 1907/2006, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos (REACH), y se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos (ECHA),» Bruselas, 2006.
- [6] Ministerio de Trabajo, «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,» 1997.
- [7] Organización Internacional del Trabajo (OIT), «Enciclopedia de Salud y Seguridad Ocupacional de la OIT,» Copyright © Organización Internacional del Trabajo 2015, 2015. [En línea]. Available: <https://www.iloencyclopaedia.org>. [Último acceso: 2019].
- [8] López-Areal, «Neumoconiosis mortal por talco,» Salud y trabajo, Vols.1 de 2 Diciembre-Enero, nº 5, pp. 15-19, 1977.
- [9] William J. Blot, «Estimaciones cuantitativas de Doll y Peto sobre los riesgos de cáncer: mantenerse generalmente cierto durante 35 años,» Journal of the National Cancer Institute, vol. Volumen 107, nº 4, abril de 2015.
- [10] Manolis Kogevinas, «CAREX-esp. Sistema de Información sobre Exposición Ocupacional a Cancerígenos en España en el año 2004,» Instituto Municipal de Investigación Médica, Barcelona, 2006.
- [11] Gobierno de España, «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,» 2001.
- [12] Parlamento Europeo y del consejo, Reglamento C(CE) Nº 1272/2008, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las directivas 67/548/CEE y 199/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) Nº 1907/2006, Bruselas, 2008.
- [13] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), «Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España,» INSST, Madrid, 2019.
- [14] R. Vincent (INRS), «ND 2233-200-05. Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique. un outil d'aide à la décision (Metodología simplificada de evaluación de riesgos químicos. una herramienta de apoyo a la decisión),» INRS- Institut National de Recherche et de Sécurité, Francia, 2000.
- [15] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), «NTP 937- Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS,» INSST, Madrid, 2012.
- [16] AENOR, «UNE-EN 689 Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites y estrategia de la medición,» 2018.
- [17] Unión Europea, «REGLAMENTO (CE) No 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas,» DOUE, Bruselas, 2008.
- [18] Ministerio de , «Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.,» Gobierno de España, Madrid, 2006.
- [19] Comisión Europea, UNE EN-482:2012+A1:2016. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de contaminantes químicos, AENOR, 2016.
- [20] AENOR, UNE-EN-13205-6-2015 Atmósferas en el lugar de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los instrumentos para la medición de concentraciones de aerosoles., AENOR, 2015.
- [21] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), «NTP 800: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (V): recomendaciones para la toma de muestra de los aerosoles,» Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), Madrid, 2008.
- [22] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), «NTP 548: Evaluación de riesgos por agentes químicos: Guía para la selección y utilización del método analítico,» Madrid.
- [23] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), «Riesgo químico. Sistemática para la Evaluación Higiénica,» Madrid, 2010.
- [24] Health and Safety Executive (HSE), «Respiratory protective equipment at work,» London, 2013.

- [25] José M<sup>a</sup> Santurio Díaz, «Estudio de la exposición a los humos generados en la soldadura de acero inoxidable,» Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales, 2016.
- [26] Instituto Nacional de Silicosis, «Guía para el control del riesgo por exposición a Sílice Cristalina Respirable».
- [27] Gobierno de España, «RD 257/2018, de 4 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.,» 2018.
- [28] Gobierno de España, «RD 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención,» 2015.
- [29] Comisión de Salud Pública, «Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica - Silicosis y otras neumoconiosis,» 2001.
- [30] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), «MTA/MA-014/A11-Determinación de materia particulada (Fracciones Inhalable, Torácica y Respirable) en aire. Método Gravimétrico,» Madrid, 2011.
- [31] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), MTA/MA - 056/A06-Determinación de sílice libre cristalina (cuarzo, cristobalita, tridimita) en aire - Método del filtro de membrana / Difracción de rayos X, Madrid, 2006.
- [32] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), MTA/MA-057/A17-Determinación de sílice cristalina (fracción respirable) en aire. Método de filtro de membrana/, Madrid, 2017.
- [33] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), «Guía orientativa para la selección y utilización de protectores respiratorios.,» Madrid, 2008.
- [34] Parlamento Europeo, «Directiva (UE) 2017/2398, que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los agentes carcinógenos o mutágenos en el trabajo,» 2017.
- [35] Parlamento Europeo, «Directiva (UE) 2017/2398 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,» 2017.

# A1

## EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

Medición de polvo,  
partículas fracción  
inhalable en el uso de  
equipos y maquinaria



## 01

### OBJETO

---

## 02

### ALCANCE

---

## 03

### METODOLOGÍA

---

- 3.1. Métodos de toma de muestras y análisis
  - 3.2. Criterios de valoración
  - 3.3. Comparación de la concentración ambiental con los valores límite
  - 3.4. Equipos utilizados
  - 3.5. Condiciones de realización de las medidas
  - 3.6. Control de calidad
- 

## 04

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

#### 4.1. Resultados

---

- 4.1.1. Tronzadora de madera EUOTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave
- 4.1.2. Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en

exterior de nave

- 4.1.3. Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave
- 4.1.4. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior
- 4.1.5. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior
- 4.1.6. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Peón trabajando junto a cargadora, en exterior
- 4.1.7. Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra, en exterior
- 4.1.8. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando bloques de hormigón colocados en el suelo, en exterior
- 4.1.9. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior
- 4.1.10. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior
- 4.1.11. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior
- 4.1.12. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo arena húmeda, en exterior
- 4.1.13. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250.

Conduciendo la cargadora, en exterior

- 4.1.14. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo ladrillos, en interior
- 4.1.15. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo piedra, en interior
- 4.1.16. Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando piedra, en interior
- 4.1.17. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando piedra, en interior
- 4.1.18. Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH MAC GBV 345. Soplando en interior

---

4.1. Valoración del riesgo

---

## 05

### RECOMENDACIONES SOBRE EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

---



---

## 1 OBJETO

---

Se desea valorar el riesgo de exposición a polvo de trabajadores que desarrollan diversas tareas en la ejecución de obras de construcción. También se van a estudiar determinadas máquinas que se utilizan en la mayor parte de dichas obras. Para ello se recrean dichas tareas en las instalaciones de la Fundación Laboral de la Construcción, concretamente en el Centro Territorial de Madrid, situado en C/ Cámara de la Industria 23. Móstoles (Madrid).

---

## 2 ALCANCE

---

Las mediciones de polvo se realizan con el uso de los equipos y maquinaria que se relaciona a continuación:



MEDICIÓN	EQUIPO / MAQUINARIA	TAREAS REALIZADAS
Trabajador	TRONZADORA DE MADERA EUROTRON -315 PLUS T TRIF. 4CV	Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave
Trabajador	AMOLADORA ANGULAR GWS PROFESSIONAL 22-230 JH	Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave
Trabajador	TALADRO DE PERCUSIÓN MAKITA HP164	Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave
Trabajador	CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840	Trabajador junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior de nave
Trabajador	CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840 CON ACOPLAMIENTO DE BARREDORA CUCHARON 03CB1250	Trabajador junto a cargadora limpiando pavimento, en exterior de nave
Trabajador	CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840	Trabajador junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior de nave
Trabajador	MARTILLO ROTATIVO MAKITA HR5201C (52MM)	Picando piedra en exterior de nave
Trabajador	MARTILLO PERFORADOR BOSCH GBH 2-20 D	Taladrando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.
Trabajador	MARTILLO PERFORADOR BOSCH GBH 2-20 D	Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior de nave
Trabajador	Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T	Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior de nave.
Conductor	Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840	Manejo de cargadora moviendo acopio de gravilla húmeda en exterior de nave. Cabina abierta
Conductor	Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840	Manejo de cargadora paleando arena húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.
Conductor	Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharon 03CB1250	Barriendo pavimento en exterior de nave. Cabina abierta.

MEDICIÓN	EQUIPO / MAQUINARIA	TAREAS REALIZADAS
Trabajador	Cortadora Ingleteadora FREDI-MAR Diamond Tools FR-600-T	Cortando en húmedo (con agua) ladrillos, en interior de nave.
Trabajador	Cortadora Ingleteadora FREDI-MAR Diamond Tools FR-600-T	Cortando en húmedo (con agua) piedra, en interior de nave.
Trabajador	Amoladora angular GWS Profesional 22-230 JH	Cortando piedra en interior de nave
Trabajador	Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D	Taladrando piedra en interior de nave.
Trabajador	Soplador-Aspirador manual MC-CULLOCH MAC GBV 345	Soplando en interior de nave



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA UTILIZADA

### 1 BARREDORA CUCHARÓN (IMPLEMENTO PARA EXCAVADORA). Modelo 03cb1250.

#### Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Información no relevante.

Empresa: Euro Implementos, S.L.

### 2 SOPLADOR-ASPIRADOR MANUAL Mcculloch Mac GBV 345 numero de serie: 2012 en adelante

#### Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Datos técnicos. Motor: 25 cm<sup>3</sup>, potencia máxima motor: 0.75 kW, peso: 4.4 kg.

#### Emisiones de ruido

(Nota 1: emisiones sonoras en el entorno medidas como potencia acústica (LWA) según la directiva CE 2000/14/Ce. El nivel referido de potencia sonora de la máquina se ha medido con el equipo original que produce el nivel más elevado. La diferencia entre la potencia sonora garantizada y medida es que la potencia sonora garantizada también incluye la dispersión en el resultado de la medición y las variaciones entre diferentes máquinas del mismo modelo, según la directiva 2000/14/CE.)

- Nivel de potencia acústica medida, dB(A): 103.9

- Nivel de potencia acústica garantizada  $L_{WA}$  dB(A): 108

#### Niveles acústicos

(Nota 2: los datos referidos del nivel de presión sonora equivalente de la máquina tienen una dispersión estadística habitual (desviación típica) de 1 dB(A).



Barredora cucharón.



Soplador aspirador manual.

Nivel de presión sonora equivalente en el oído del usuario, medido conforme a ISO 22868, dB(A):

- Equipado con los tubos y la boquilla del soplador (originales): 96.7
- Equipado con tubos de aspiración (originales): 98.6

### 3 CORTADORA INGLETEADORA FREDIMAR DIAMOND TOOLS FR-600-T (corte húmedo)

#### Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Número de serie: 109325, 4CV, Voltaje: 380, eje 25.4,  
Diámetro exterior disco: 300-350 mm.  
Diámetro interior disco: 25.4 mm.  
Año de construcción: 2003.  
Peso de la máquina: 69 kg.  
Potencia: 2.9 kW.  
Velocidad de giro del disco: 2800 rpm.

#### Ruido emitido por la máquina

Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, en el puesto de trabajo, es de 78.1 dB(A).  
Nivel de potencia acústica emitido por la máquina, es de 91.8 dB(A).

### 4 TALADRO DE PERCUSIÓN Makita HP1641

#### Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Capacidades: Hormigón (16mm),  
Acero (13mm), Madera (30mm)  
Velocidad en vacío: 0-2.800 min<sup>-1</sup>

Golpes por minuto: 0-44800 min<sup>-1</sup>  
Longitud total: 303 mm.  
Peso: 2 kg.

#### Ruido

El nivel de ruido A ponderado típico determinado de acuerdo con la norma EN 60745:



Cortadora ingleteadora.



Taladro de percusión.

- Nivel de presión sonora ( $L_{pA}$ ): 92 dB(A)
- Nivel de potencia sonora ( $L_{wA}$ ): 103 dB(A)
- Error (K): 3 dB(A)

#### 5 MARTILLO PERFORADOR BOSCH GBH 2-20 D

##### Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Potencia absorbida nominal: 650 W,  
Revoluciones en vacío: 2030 min<sup>-1</sup>  
Peso: 2.3 kg.

Nivel de potencia acústica ( $L_{wA}$ ): 102 dB(A)

Nivel de presión sonora ( $L_{pA}$ ): 91 dB(A)

Tolerancia (K): 3 dB

#### 6 AMOLADORA ANGULAR GWS Professional 22-230JH

##### Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Potencia absorbida nominal: 2200 W  
Potencia útil: 1500 W  
Revoluciones nominales: 6500 min<sup>-1</sup>  
Diámetro disco amolar: 230 mm  
Peso: 5.2 kg

##### Nivel de ruido

Nivel de presión sonora: 91 dB(A)

Nivel de potencia acústica: 102 dB(A)

Tolerancia: K: 3 dB

#### 7 CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840

##### Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Peso de trabajo: 2812 kg.  
Carga nominal de operación: 680 kg.  
Potencia neta: 34.3 kW a 2600 rpm.  
Nivel de presión de sonido (oído del operario): 85 dB  
Nivel de potencia ambiental: 104 dB



Martillo perforador.



Amoladora angular.



Cargadora por deslizamiento.

**8 TRONZADORA DE MADERA EUROTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Número de fabricación: 3564-125519. Año de fabricación: 2006**

**Información contenida en el manual de instrucciones del equipo**

Nivel de potencia acústica medido en la máquina modelo: 106 dB

Nivel de potencia acústica garantizado: 110 dB

Nivel de presión acústica continuo equivalente, ponderado A, en el puesto de trabajo en dB ( $L_{pA}$ ):

- En vacío: 83 / En carga: 93

Constante de declaración en dB ( $K_{pA}$ ): 4 (en vacío y en carga).

Nivel de potencia acústica emitido por la máquina, ponderado A, en db ( $L_{WA}$ ):

- En vacío: 92 / En carga: 106

Constante de declaración en db ( $K_{pA}$ ): 4 (en vacío y en carga)

Diámetro disco: 315 mm / Diámetro eje disco: 30 mm

Motor trifásico.

Potencia motor: 4 CV (KW)

Rpm motor: 3000

Peso: 56 Kg.



Cortadora ingleteadora.

**9 MARTILLO ROTATIVO MAKITA HR5201C**

**Información contenida en el manual de instrucciones del equipo**

Capacidades:

- broca con punta de carburo: 52 mm

- broca: 160 mm

Velocidad en vacío: 130-260 min-1

Golpes por minuto: 1075-2150

Longitud total: 599 mm

Peso neto: 10.8 kg

**Nivel de ruido**

Nivel de ruido típico de ponderación A establecido según la 60745-2-6:

- Nivel de presión de sonido ( $L_{pA}$ ): 100 dB(A)

- Nivel de potencia de sonido ( $L_{WA}$ ): 111 dB(A)

- Incertidumbre (K): 3 dB (A)



Martillo rotativo.

Las conclusiones que se alcancen después de finalizar las mediciones estarán basadas en los datos recogidos en los días y horas del muestreo, así como en las condiciones en que se han efectuado dichas mediciones. Por tanto, variaciones que se produzcan sobre el proceso o las condiciones de trabajo pueden cambiar parcialmente dichas conclusiones.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS	TÉCNICA ANALÍTICA	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)	MTA/MA-014/A11: Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire - Método gravimétrico	GRAVIMETRÍA	Filtro de fibra vidrio de 25 mm de diámetro, en casete de muestreador IOM para la fracción inhalable.	MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)

#### 3.2 CRITERIOS DE VALORACIÓN

En cuanto a los límites de exposición profesional adoptados como referencia, se han seguido los criterios establecidos en el Anexo I del Real Decreto 374/01 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos, así como los marcados por otra legislación vigente sobre la protección de los trabajadores frente a los agentes químicos.

En ausencia de valores límite de exposición ambiental marcados en disposiciones legislativas, se toman como referencia los publicados por

el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", tal y como indica el citado Real Decreto 374/01. Estos valores límite se revisan con una periodicidad anual.

A continuación se detallan los valores límite a considerar, teniendo en cuenta los agentes químicos a controlar contemplados en los criterios mencionados, y que dispongan de métodos fiables, validados y contrastados, de toma de muestra ambiental y análisis.

AGENTES QUÍMICOS	VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	VLA-EC mg/m <sup>3</sup>	NOTAS
PARTICULAS FRACCION INHALABLE	10		c, o, e
MADERAS BLANDAS, POLVO	5		md

Siendo:

**VLA-ED:** Valor Límite Ambiental - Exposición Diaria, que representa la concentración media ponderada en el tiempo para una jornada de trabajo estándar de 8 h/día y 40 h/semana, a la cual se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos adversos para la salud.

**VLA-EC:** Valor límite Ambiental - Exposición Corta, que representa la concentración media ponderada para cortos períodos de exposición (máximo 15 minutos) a la cual se cree que puede estar expuesta la mayoría de los trabajadores sin sufrir efectos adversos para su salud, basándose en los conocimientos actuales.

**c:** Los términos “soluble” e “insoluble” se entienden con referencia al agua.

**o:** Materia particulada para la que no existe evidencia toxicológica sobre la que basar un VLA. No obstante, se recomienda mantener las exposiciones por debajo del valor límite genérico indicado.

Dicho valor límite sólo es aplicable a las materias contaminantes particuladas que cumplan los siguientes requisitos:

- Que no tengan un VLA específico.
- Que sean insolubles o poco solubles en agua (o, preferiblemente, en el fluido pulmonar acuoso, si se dispone de esa información).
- Que tengan una toxicidad baja, es decir, que no sean citotóxicos, ni genotóxicos, ni reaccionen químicamente, de cualquier otra forma, con el tejido pulmonar, ni emitan radiaciones ionizantes, ni causen sensibilización, ni ningún otro efecto tóxico distinto del que pueda derivarse de la mera acumulación en el pulmón.

**e:** Este valor es para materia particulada que no contenga amianto y menos de un 1% de sílice cristalina.

**md:** Madera dura. Se distinguen dos tipos de maderas: blandas y duras. Se trata de una distinción botánica: las gimnospermas proporcionan maderas blandas y las angiospermas maderas duras, sin que la densidad y la dureza físicas de la madera tengan correspondencia unívoca con esta clasificación.

### 3.3. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN AMBIENTAL CON LOS VALORES LÍMITE

Según la norma UNE-EN 689:2019- Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional, se define un índice de exposición (I) al agente químico como:

$$I = \frac{E}{VLA}$$





Siendo:

**E:** la concentración de la exposición laboral, o concentración ambiental ponderada en el tiempo, determinada y analizada a partir de las muestras tomadas en la empresa.

**VLA:** el valor límite ambiental de exposición profesional, del contaminante establecido, siguiendo el criterio marcado en el apartado “Criterios de valoración”, como valor de referencia para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición a los agentes químicos presentes en el puesto de trabajo.

La aplicación de los valores límite de exposición en el ambiente de trabajo para trabajos con exposición diferente a las 8 h/día o 40 h/semana requiere una consideración especial para proteger a los trabajadores en su correcta medida.

Referiremos la exposición diaria de cada trabajador (E) como 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 referida a una jornada estándar de 8 diarias.

$$E = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{8}$$

Siendo:

**C<sub>i</sub>:** concentración del agente químico en el ambiente de trabajo durante la tarea o proceso “i”,

**t<sub>i</sub>:** tiempo de exposición (en horas) para la tarea o proceso muestreado “i”.

Cuando se trata de valorar exposiciones de corta duración, el índice de exposición se definirá como la relación entre las concentraciones obtenidas durante mediciones de 15 minutos, y el valor límite VLA-EC.

Teniendo en cuenta estas definiciones, el **Índice de Exposición** se expresará como:

$$I-ED = E/VLA-ED \text{ o } I-EC = C/VLA-EC,$$

dependiendo de que estemos comparando nuestros resultados con los límites de exposición diaria, o de exposición corta, respectivamente.

Para las simulaciones de operaciones con los diferentes equipos de trabajo y maquinarias se realizaron trabajos de alrededor de unos 20 minutos, muestreándose el total del tiempo trabajado, con el fin de efectuar el cálculo de la exposición (**E**) tal y como se ha definido. En las tablas de resultados se reflejarán los tiempos de exposición facilitados.

La norma UNE-EN 689:2019 propone la siguiente estrategia para la comparación de la exposición con los límites de exposición:

### I) PRUEBA PRELIMINAR

En primer lugar deben elegirse un número suficiente de trabajadores a muestrear dentro de un Grupo de Exposición Similar o GES.

Un GES es un grupo de trabajadores que tienen el mismo perfil general de exposición para el agente o agentes químicos objeto de estudio, debido a la similitud y frecuencia de las tareas desarrolladas, por los materiales y procesos con los cuales trabajan, y por la similitud de la forma con la que realizan las tareas.

La prueba preliminar requiere de tres a cinco mediciones válidas de la exposición de trabajadores pertenecientes a un Grupo de Exposición Similar – GES.

**a)** Si todos los resultados del índice de exposición (I) para un GES están por debajo de:

- 1) I = 0,1 para un conjunto de 3 mediciones de la exposición, o
- 2) I = 0,15 para un conjunto de 4 mediciones de la exposición, o
- 3) I = 0,2 para un conjunto de 5 mediciones de la exposición, entonces se considera que el VLA no se supera: **Conformidad.**

**b)** Si uno de los resultados es mayor que I = 1, se considera que el VLA se supera: **No conformidad.**

**c)** Si todos los resultados están por debajo

de  $I = 1$  y hay un resultado por encima de  $I = 0,1$  (del conjunto de tres resultados), o  $I = 0,15$  (del conjunto de cuatro resultados), o  $I = 0,2$  (del conjunto de cinco resultados), no es posible concluir sobre la conformidad con el VLA: **No decisión.**

En esta situación, deben llevarse a cabo mediciones adicionales de la exposición (requiriendo al menos un total de seis mediciones) con el fin de aplicar una prueba estadística basándose en el cálculo del intervalo de confianza de la probabilidad de sobrepasar el índice de exposición  $I = 1$ .

## II) PRUEBA ESTADÍSTICA

Una vez realizadas las mediciones adicionales, se realizará una prueba estadística para comprobar si las exposiciones del GES cumplen con el valor límite. La prueba debe medir, con al menos el 70% de confianza, si menos del 5% de las exposiciones en el GES superan el índice de exposición  $I = 1$ .

## Control de las exposiciones particularmente intensas dentro de la jornada:

Según criterios contenidos en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" publicado por el INSST, cuando no existan VLA-EC asignados a los agentes químicos estudiados, para controlar las exposiciones por encima del VLA-ED dentro de una misma jornada de trabajo, pueden utilizarse los límites de desviación.

Los límites de desviación no son independientes, sino complementarios a los VLA. Para los agentes químicos que tienen asignado VLA-ED pero no VLA-EC, se establece el producto  $3 \cdot \text{VLA-ED}$  como el valor que no deberá superarse durante más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada de trabajo, no debiéndose sobrepasar en ningún momento el valor  $5 \cdot \text{VLA-ED}$ . 3.4.

## 3. 4. EQUIPOS UTILIZADOS

Para la medición con bombas de muestreo activo, los elementos de captación se alojaron en portafiltros y portatubos adecuados, unidos mediante tubos flexibles a bombas de muestreo personal. Las bombas utilizadas se detallan en la siguiente tabla:

TIPO DE BOMBA	MARCA	MODELO	Nº SERIE
BOMBA ALTO CAUDAL	GILIAN	GILIAN PLUS	20130110005
BOMBA ALTO CAUDAL	GILIAN	GILIAN PLUS	20130110008
BOMBA ALTO CAUDAL	GILIAN	GILIAN 3	4036
BOMBA ALTO CAUDAL	GILIAN	GILIAN PLUS	20130110005
BOMBA ALTO CAUDAL	GILIAN	GILIAN 3	3546
BOMBA ALTO CAUDAL	GILIAN	GILIAN 3	3539

En la calibración de las bombas se incorporó el elemento de captación a utilizar con cada bomba para simular la correspondiente pérdida de carga durante el muestreo, con el objeto de garantizar que el caudal establecido durante la calibración se corresponde con el de captación.

El caudal de muestreo se fijó calibrando cada bomba antes y después de la toma de muestras, con el siguiente equipo de calibración trazable:

EQUIPO	MARCA	MODELO	Nº SERIE
CALIBRADOR BOMBAS	GILIAN	GILIBRAITOR 2	1043-B



### 3.5. CONDICIONES DE REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS

La estrategia de medición se ha diseñado para determinar la concentración ambiental de los agentes químicos, partículas fracción inhalable, en las condiciones recreadas por los técnicos de la FLC para las simulaciones de varias tareas de construcción con potencial riesgo higiénico.

El muestreo correspondió al aire que llega a las vías respiratorias del trabajador expuesto, que no tiene necesariamente que corresponder con la cantidad de contaminante que exista en un determinado lugar y en un momento dado, ya que el operario podría desplazarse y además, la concentración puede variar con el tiempo.

Estas consideraciones determinan la conveniencia de utilizar un sistema de muestreo personal que el operario pueda llevar consigo durante todo el tiempo que dure el muestreo y con la toma de muestras en su zona de respiración, a fin de conseguir un resultado fiel a la realidad, tal y como indica el documento sobre "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", publicado por el INSST.

La zona de respiración se define como el espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Con fines técnicos, una definición más precisa es la siguiente: semiesfera de 0,3 m. de radio que se

extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más alta de la cabeza y la laringe (UNE-EN 1540. Atmósferas en el lugar de trabajo. Terminología).

Los procesos analizados y las condiciones del muestreo se detallan en el apartado de la descripción de los procesos incluida en el apartado de Resultados.

### 3.6. CONTROL DE CALIDAD

Con objeto de realizar un adecuado control de calidad de todo el proceso de toma de muestras (recepción, almacenamiento, preparación, sellado, transporte hasta la empresa, fase de medición, y envío al laboratorio) y análisis en el laboratorio (recepción, pretratamientos, analítica, y tratamiento de resultados) se ha procedido al envío y análisis de las siguientes muestras blancas, en función de lo establecido en los métodos de toma de muestras y análisis de referencia.



REFERENCIA BLANCO	ELEMENTO DE CAPTACIÓN	Nº SERIE
CUA MD M-119 CUA MD M-070 CUA MD M-126 (Día 7/11/19)	Portafiltro IOM de plástico + Filtro de <b>fibra de vidrio 25 mm 1 µm</b>	Partículas fracción inhalable <10 mg/muestra Límite de cuantificación = 10 mg/muestra
CUA MD M-097 CUA MD M-079 CUA MD M-053 (Día 11/11/19)	Portafiltro IOM de plástico + Filtro de <b>fibra de vidrio 25 mm 1 µm</b>	Partículas fracción inhalable <10 mg/muestra Límite de cuantificación = 10 mg/muestra

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada muestra analizada.

Descripción de la operación o proceso muestreado:

#### 4.1.1. Tronzadora de madera EUROTTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave.

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Tronzadora de madera EUROTTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-048	23	0,00
				<L.C.
Concentración media ponderada:				<b>0,00</b>

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación

#### 4.1.2. Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

Descripción de la operación o proceso muestreado:

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-054	13	0,00
				<L.C.
Concentración media ponderada:				<b>0,00</b>

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación

**4.1.3. Taladro de percusión MAKITA HP164.**  
**Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-015	11	0,00
				<L.C.
<b>Concentración media ponderada:</b>				<b>0,00</b>

Valores iguales a los blancos de muestreo  
 <L.C.: Inferior al límite de cuantificación

**4.1.4. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-008	25	55,17
				<b>55,17</b>
<b>Concentración media ponderada:</b>				<b>55,17</b>

**4.1.5. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-127	20	5,67
				<b>Concentración media ponderada:</b>

**4.1.6. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Peón trabajando junto a cargadora, en exterior..**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Peón trabajando junto a cargadora, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-035	20	0,00 <L.C.
				<b>Concentración media ponderada:</b>

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación

#### 4.1.7. Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra en exterior de nave.

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-069	16	0,00
				<L.C.
Concentración media ponderada:				0,00

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación

#### 4.1.8. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando bloques de hormigón colocados en el suelo, en exterior.

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando bloques de hormigón colocados en el suelo, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-023	22	0,00
				<L.C.
Concentración media ponderada:				0,00

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación



**4.1.9. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D.  
Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-007	20	0,00 <L.C.
				<b>Concentración media ponderada:</b>

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación

**4.1.10. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR  
Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-087	21	220,31
				<b>Concentración media ponderada:</b>

**4.1.11. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo gravilla húmeda en exterior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-026	26	0,00
				<L.C.
<b>Concentración media ponderada:</b>				<b>0,00</b>

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación

**4.1.12. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo arena húmeda en exterior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo arena húmeda, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-060	20	4,33
				<b>4,33</b>
<b>Concentración media ponderada:</b>				<b>4,33</b>

**4.1.13. Cargadora por deslizamiento GEHL-SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Conduciendo la cargadora en exterior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Conduciendo la cargadora, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-003	20	8,67
				<b>Concentración media ponderada:</b>

**4.1.14. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo (con agua) ladrillos, en interior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo ladrillos, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-009	20	0,00 <L.C.
				<b>Concentración media ponderada:</b>

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación

**4.1.15. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR  
Diamond Tools FR-600-T. Cortando en  
húmedo piedra, en interior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo ladrillos, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-009	20	0,00 <L.C.
				<b>Concentración media ponderada:</b>

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación

**4.1.16. Amoladora angular GWS Professional  
22-230 JH. Cortando piedra en interior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando piedra, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-102	22	20,67
				<b>Concentración media ponderada:</b>

**4.1.17. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20  
D. Taladrando piedra en interior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando piedra, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-082	20	1,97
				<b>Concentración media ponderada:</b>

**4.1.18. Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH  
MAC GBV 345. Soplando en interior.**

Descripción de la operación o proceso muestreado:

El tiempo de muestreo correspondió al total de la simulación realizada. Dicho tiempo se recoge en la tabla de resultados.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH MAC GBV 345. Soplando en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	CUA MD M-077	20	35,84
				<b>Concentración media ponderada:</b>

## 4.2 VALORACIÓN DEL RIESGO

A continuación se muestran los cálculos realizados con los resultados obtenidos en cada tarea simulada y los índices de exposición obtenidos.

### 4.2.1. Tronzadora de madera EUROTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave.

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Tronzadora de madera EUROTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Maderas blandas, polvo	0,00 <L.C	0,00	5	---	0,00

### 4.2.2. Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	0,00 <L.C	0,00	10	---	0,00

**4.2.3. Taladro de percusión MAKITA HP164.**  
**Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	0,00 <LC	0,00	10	---	0,00

**4.2.4. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	55,17	55,17	10	---	5,51

**4.2.5. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	5,67	5,67	10	---	0,57

**4.2.6. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Peón trabajando junto a cargadora, en exterior..**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Peón trabajando junto a cargadora, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	0,00 <L.C.	0,00	10	---	0,00

**4.2.7. Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra en exterior de nave.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	0,00 <L.C.	0,00	10	---	0,00

**4.2.8. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando bloques de hormigón colocados en el suelo, en exterior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando bloques de hormigón colocados en el suelo, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	0,00 <L.C.	0,00	10	---	0,00



**4.2.9. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D.  
Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	0,00 <L.C.	0,00	10	---	0,00

**4.2.10. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR  
Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	220,31	220,31	10	---	22,03

**4.2.11. Cargadora por deslizamiento GEHL  
SL4840. Manejo de cargadora moviendo gravilla húmeda en exterior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	0,00 <L.C.	0,00	10	---	0,00

**4.2.12. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo arena húmeda en exterior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo arena húmeda, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	4,33	4,33	10	---	0,43

**4.2.13. Cargadora por deslizamiento GEHL-SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Conduciendo la cargadora en exterior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Conduciendo la cargadora, en exterior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	8,67	8,67	10	---	0,86

**4.2.14. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo (con agua) ladrillos, en interior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED1	VLA-ED2	INDICE DE EXPOSICIÓN=
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo ladrillos, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	0,00 <L.C.	0,00	10	---	0,00

**4.2.15. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR  
Diamond Tools FR-600-T. Cortando en  
húmedo piedra, en interior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo piedra, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	0,00 <L.C.	0,00	10	---	0,00

**4.2.16. Amoladora angular GWS Professional  
22-230 JH. Cortando piedra en interior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando piedra, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	20,67	20,67	10	---	2,06

**4.2.17. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20  
D. Taladrando piedra en interior.**

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando piedra, en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	1,97	1,97	10	---	0,19

#### 4.2.18. Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH MAC GBV 345. Soplando en interior.

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICIÓN DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH MAC GBV 345. Soplando en interior	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	35,84	35,84	10	---	3,58

1 **VLA-ED:** *Valor Límite Ambiental- Exposición Diaria*, que representa la concentración media ponderada en el tiempo para una jornada de trabajo estándar de 8 hora/día y 40 horas/semana, a la cual la mayoría de los trabajadores puede estar expuesta sin sufrir efectos adversos para su salud.

2 **VLA-EC:** *Valor Límite Ambiental- Corta Exposición*, que representa la concentración media ponderada para cortos periodos de exposición (máximo de 15 minutos) a la cual puede estar expuesta la mayoría de los trabajadores sin sufrir efectos adversos para su salud.

En cuanto a la exposición corta a partículas fracción inhalable, que no dispone de valor límite de corta exposición, los valores de concentración obtenidos quedan claramente por debajo de los límites de desviación 5 X VLA-ED (valor que no deberá superarse en ningún momento) y 3 X VLA-ED (valor que no deberá superarse durante más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada de trabajo).

### 4.3. CONCLUSIONES

La prueba preliminar requiere de tres a cinco mediciones válidas de la exposición de trabajadores pertenecientes a un Grupo de Exposición Similar (GES).

Un Grupo de Exposición Similar es un grupo de trabajadores que tienen el mismo perfil general de exposición para el agente o agentes químicos objeto de estudio, debido a la similitud y frecuencia de las tareas desarrolladas, por los materiales y procesos con los cuales trabajan, y por la similitud de la forma con la que realizan las tareas.

**a)** Si todos los resultados del índice de exposición (I) para un GES están por debajo de:

1)  $I = 0,1$  para un conjunto de 3 mediciones de la exposición, o

2)  $I = 0,15$  para un conjunto de 4 mediciones de la exposición, o

3)  $I = 0,2$  para un conjunto de 5 mediciones de la exposición, entonces se considera que el VLA no se supera: **Conformidad.**

**b)** Si uno de los resultados es mayor que  $I = 1$ , se considera que el VLA se supera: **No conformidad.**

**c)** Si todos los resultados están por debajo de  $I = 1$  y hay un resultado por encima de  $I = 0,1$  (del conjunto de tres resultados), o  $I = 0,15$  (del conjunto de cuatro resultados), o  $I = 0,2$  (del conjunto de cinco resultados), no es posible concluir sobre la conformidad con el VLA: **No decisión.**

En esta situación, deben llevarse a cabo me-

diciones adicionales de la exposición (requiriendo al menos un total de seis mediciones) con el fin de aplicar una prueba estadística basándose en el cálculo del intervalo de confianza de la probabilidad de sobrepasar el índice de exposición  $I = 1$ .

## II) PRUEBA ESTADÍSTICA

Una vez realizadas las mediciones adicionales, se realizará una prueba estadística para com-

probar si las exposiciones del GES cumplen con el valor límite. La prueba debe medir, con al menos el 70% de confianza, si menos del 5% de las exposiciones en el GES superan el índice de exposición  $I = 1$ .

En aplicación de estos criterios de valoración, las conclusiones alcanzadas se reflejan en la siguiente tabla:

PUESTO - PROCESO	AGENTE QUÍMICO	CONCLUSIONES*
Tronzadora de madera EUROTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave	Maderas blandas, polvo	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior	Partículas fracción inhalable	NO CONFORMIDAD. Se debe CORREGIR la exposición.
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Peón trabajando junto a cargadora, en exterior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra, en exterior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.

PUESTO - PROCESO	AGENTE QUÍMICO	CONCLUSIONES*
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando bloques de hormigón colocados en el suelo, en exterior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior	Partículas fracción inhalable	NO CONFORMIDAD. Se debe CORREGIR la exposición.
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo arena húmeda, en exterior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Conduciendo la cargadora, en exterior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo ladrillos, en interior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo piedra, en interior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando piedra, en interior	Partículas fracción inhalable	NO CONFORMIDAD. Se debe CORREGIR la exposición.
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando piedra, en interior	Partículas fracción inhalable	NO DECISIÓN. Aun no superándose ningún valor límite legal se debe completar la estrategia de medición con más mediciones para poder llegar a una decisión objetiva según la norma UNE 689:2019.
Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH MAC GBV 345. Soplado en interior	Partículas fracción inhalable	NO CONFORMIDAD. Se debe CORREGIR la exposición.

\* Mientras no varíen sustancialmente las condiciones encontradas en las simulaciones realizadas.

## 5 RECOMENDACIONES

A continuación se indica según los resultados obtenidos para las diferentes tareas analizadas el tipo de equipo de protección recomendado:

TAREA	INDICE DE EXPOSICION= ED/VLA- ED	CONTAMINANTE	EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL
Tronzadora de madera EUROTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave	0,00	Maderas blandas, polvo	FFP1
Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave	0,00	Partículas fracción inhalable	FFP3
Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave	0,00	Partículas fracción inhalable	FFP3
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior	5,51	NO CONFORMIDAD. Se debe CORREGIR la exposición.	FFP3
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Peón trabajando junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior	0,57	Partículas fracción inhalable	FFP3
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Peón trabajando junto a cargadora, en exterior	0,00	Partículas fracción inhalable	FFP3
Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra, en exterior	0,00	Partículas fracción inhalable	FFP3
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando bloques de hormigón colocados en el suelo, en exterior	0,00	Partículas fracción inhalable	FFP3

TAREA	INDICE DE EXPOSICION= ED/VLA- ED	CONTAMINANTE	EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior	0,00	Partículas fracción inhalable	FFP3
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior	22,03	Partículas fracción inhalable	FFP3
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior	0,00	NO CONFORMIDAD. Se debe CORREGIR la exposición.	FFP3
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo arena húmeda, en exterior	0,43	Partículas fracción inhalable	FFP3
Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Conduciendo la cargadora, en exterior	0,86	Partículas fracción inhalable	FFP3
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo ladrillos, en interior	0,00	Partículas fracción inhalable	FFP3
Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo piedra, en interior	0,00	Partículas fracción inhalable	FFP3
Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando piedra, en interior	2,06	Partículas fracción inhalable	FFP3
Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando piedra, en interior	0,19	Partículas fracción inhalable	FFP3
Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH MAC GBV 345. Soplando en interior	3,58	Partículas fracción inhalable	FFP3

La mascarilla FFP3 se recomienda porque el tipo de materiales mecanizados puede contener sílice libre cristalina.

La recomendación de equipo de protección en todos los casos donde el índice de exposición es 0,00 o en el caso de índices inferiores al 1 es viene dada por la necesidad de completar la estrategia de muestreo.



A2

# EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

Medición de polvo, partículas  
fracción inhalable y respirable  
durante la ejecución de  
una tarea en obra



## 01

OBJETO 214

---

## 02

ALCANCE 214

---

## 03

METODOLOGÍA

---

3.1. Métodos de toma de muestras y análisis 218

---

3.2. Criterios de valoración 218

---

3.3. Comparación de la concentración ambiental con los valores límite

---

3.4. Equipos utilizados

---

3.5. Condiciones de realización de las medidas

---

3.6. Control de calidad 220

---

## 04

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

4.1. Resultados

---

4.1.1 Puesto de trabajo: supervisor c/controller de las tareas

---

4.1. Valoración del riesgo

---

4.2.1 Puesto de trabajo: supervisor c/controller de las tareas

---

4.3. Conclusiones

---

## 05

RECOMENDACIONES SOBRE EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

---



---

## 1 OBJETO

---

**El presente informe tiene por objeto valorar el riesgo de la exposición a polvo, fracción inhalable, respirable y sílice libre en diversas tareas tipo de construcción.**

---

## 2 ALCANCE

---

El alcance de este informe se circunscribe a las mediciones de polvo, fracción inhalable y respirable, en el puesto de trabajo de supervisor/controller de las tareas en el túnel que se está perforando en Plaza de Glorias, Barcelona.

MEDICIÓN	EQUIPO / MAQUINARIA	TAREAS REALIZADAS
25/10/2019	NO UTILIZA	Supervisor de las tareas en el túnel. El trabajador se encarga de controlar las tareas que se realizan en el frente de excavación del túnel y de los accesos al mismo.  Se cambia de ubicación entre el frente del túnel y la rampa de entrada.

Se debe entender que las conclusiones a que se llegue en este informe estarán basadas en los datos recogidos en los días y horas del muestreo, así como en las condiciones en que se han efectuado las mediciones. Por tanto, variaciones que se produzcan sobre el proceso o las condiciones de trabajo pueden cambiar parcialmente dichas conclusiones.



### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS

Para la captación de los agentes químicos y su posterior análisis, se han tenido en cuenta los siguientes métodos de toma de muestras y análisis.

DETERMINACIÓN	MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS	TÉCNICA ANALÍTICA	ELEMENTOS DE CAPTACIÓN	OBSERVACIONES
MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)	MTA/MA-014/A11: Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire - Método gravimétrico.	GRAVIMETRÍA	Filtro de fibra vidrio de 25 mm de diámetro, en casete de muestreador IOM para la fracción inhalable.	
MATERIA PARTICULADA (Fracción respirable)	MTA/MA-014/A11: Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire - Método gravimétrico.	GRAVIMETRÍA	Soporte tipo Casella filtro pvc + ciclón tipo Casella.	
SÍLICE LIBRE CRISTALINA (Fracción respirable)	MTA/MA-057/A17: Determinación de sílice cristalina (fracción respirable) filtro de membrana/ Espectrofotometría de infrarrojos	ESPECTRO FOTOMETRÍA DE INFRARROJOS	Soporte tipo Casella filtro pvc + ciclón tipo Casella.	

#### 3.2 CRITERIOS DE VALORACIÓN

En cuanto a los límites de exposición profesional adoptados como referencia, se han seguido los criterios establecidos en el Anexo I del Real Decreto 374/01 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos, así como los marcados por otra legislación vigente sobre la protección de los trabajadores frente a los agentes químicos.

En ausencia de valores límite de exposición ambiental marcados en disposiciones legislativas, se toman como referencia los publicados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", tal y como indica el citado Real Decreto 374/01. Estos valores límite se revisan con una periodicidad anual.

A continuación se detallan los valores límite a considerar, teniendo en cuenta los agentes químicos a controlar contemplados en los criterios mencionados, y que dispongan de métodos fiables, validados y contrastados, de toma de muestra ambiental y análisis.

AGENTES QUÍMICOS	VLA-ED mg/m <sup>3</sup>	VLA-EC mg/m <sup>3</sup>	NOTAS
PARTICULAS FRACCION INHALABLE	10		c, o, e
PARTICULAS FRACCION RESPIRABLE	3		c, o, d, e
SÍLICE CRISTALINA RESPIRABLE	0,05		N, d. u

Siendo:

**VLA-ED:** Valor Límite Ambiental - Exposición Diaria, que representa la concentración media ponderada en el tiempo para una jornada de trabajo estándar de 8 h/día y 40 h/semana, a la cual se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos adversos para la salud.

**VLA-EC:** Valor Límite Ambiental - Exposición Corta, que representa la concentración media ponderada para cortos períodos de exposición (máximo 15 minutos) a la cual se cree que puede estar expuesta la mayoría de los trabajadores sin sufrir efectos adversos para su salud, basándose en los conocimientos actuales.

**c:** Los términos “soluble” e “insoluble” se entienden con referencia al agua.

**o:** Materia particulada para la que no existe evidencia toxicológica sobre la que basar un VLA. No obstante, se recomienda mantener las exposiciones por debajo del valor límite genérico indicado.

Dicho valor límite sólo es aplicable a las

materias contaminantes particuladas que cumplan los siguientes requisitos:

- Que no tengan un VLA específico.
- Que sean insolubles o poco solubles en agua (o, preferiblemente, en el fluido pulmonar acuoso, si se dispone de esa información).
- Que tengan una toxicidad baja, es decir, que no sean citotóxicos, ni genotóxicos, ni reaccionen químicamente, de cualquier otra forma, con el tejido pulmonar, ni emitan radiaciones ionizantes, ni causen sensibilización, ni ningún otro efecto tóxico distinto del que pueda derivarse de la mera acumulación en el pulmón.

**e:** Este valor es para materia particulada que no contenga amianto y menos de un de un 1% de sílice cristalina.

### 3.3. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN AMBIENTAL CON LOS VALORES LÍMITE

Según la norma UNE-EN 689:2019- Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de

exposición profesional, se define un índice de exposición (I) al agente químico como:

$$I = \frac{E}{VLA}$$

Siendo:

**E:** la concentración de la exposición laboral, o concentración ambiental ponderada en el tiempo, determinada y analizada a partir de las muestras tomadas en la empresa.

**VLA:** el valor límite ambiental de exposición profesional, del contaminante establecido, siguiendo el criterio marcado en el apartado “Criterios de valoración”, como valor de referencia para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición a los agentes químicos presentes en el puesto de trabajo.

La aplicación de los valores límite de exposición en el ambiente de trabajo para trabajos con exposición diferente a las 8 h/día o 40 h/semana requiere una consideración especial para proteger a los trabajadores en su correcta medida.

Referiremos la exposición diaria de cada trabajador (E) como 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 referida a una jornada estándar de 8 diarias.

$$E = \frac{\sum Ci \cdot ti}{8}$$

Siendo:

**Ci:** concentración del agente químico en el ambiente de trabajo durante la tarea o proceso “i”,

**ti:** tiempo de exposición (en horas) para la tarea o proceso muestreado “i”.

Cuando se trata de valorar exposiciones de corta duración, el índice de exposición se definirá como la relación entre las concentraciones obtenidas durante mediciones de 15 minutos, y el valor límite VLA-EC.

Teniendo en cuenta estas definiciones, el **Índice de Exposición** se expresará como:

$$I-ED = E/VLA-ED \text{ o } I-EC = C/VLA-EC,$$

dependiendo de que estemos comparando nuestros resultados con los límites de exposición diaria, o de exposición corta, respectivamente.

Para las simulaciones de operaciones con los diferentes equipos de trabajo y maquinarias se realizaron trabajos de alrededor de unos 20 minutos, muestreándose el total del tiempo trabajado, con el fin de efectuar el cálculo de la exposición (**E**) tal y como se ha definido. En las tablas de resultados se reflejarán los tiempos de exposición facilitados.

La norma UNE-EN 689:2019 propone la siguiente estrategia para la comparación de la exposición con los límites de exposición:

### I) PRUEBA PRELIMINAR

En primer lugar deben elegirse un número suficiente de trabajadores a muestrear dentro de un Grupo de Exposición Similar o GES.

Un GES es un grupo de trabajadores que tienen el mismo perfil general de exposición para el agente o agentes químicos objeto de estudio, debido a la similitud y frecuencia de las tareas desarrolladas, por los materiales y procesos con los cuales trabajan, y por la similitud de la forma con la que realizan las tareas.

La prueba preliminar requiere de tres a cinco mediciones válidas de la exposición de trabajadores pertenecientes a un Grupo de Exposición Similar – GES.

**a)** Si todos los resultados del índice de exposición (I) para un GES están por debajo de:

- 1)  $I = 0,1$  para un conjunto de 3 mediciones de la exposición, o
- 2)  $I = 0,15$  para un conjunto de 4 mediciones de la exposición, o
- 3)  $I = 0,2$  para un conjunto de 5 mediciones de la exposición, entonces se considera que el VLA no se supera: **Conformidad**.

**b)** Si uno de los resultados es mayor que  $I = 1$ , se considera que el VLA se supera: **No conformidad.**

**c)** Si todos los resultados están por debajo de  $I = 1$  y hay un resultado por encima de  $I = 0,1$  (del conjunto de tres resultados), o  $I = 0,15$  (del conjunto de cuatro resultados), o  $I = 0,2$  (del conjunto de cinco resultados), no es posible concluir sobre la conformidad con el VLA: **No decisión.**

En esta situación, deben llevarse a cabo mediciones adicionales de la exposición (requiriendo al menos un total de seis mediciones) con el fin de aplicar una prueba estadística basándose en el cálculo del intervalo de confianza de la probabilidad de sobrepasar el índice de exposición  $I = 1$ .

## II) PRUEBA ESTADÍSTICA

Una vez realizadas las mediciones adicionales, se realizará una prueba estadística para comprobar si las exposiciones del GES cumplen con el valor límite. La prueba debe medir, con al menos el 70% de confianza, si menos del 5% de las exposiciones en el GES superan el índice de exposición  $I = 1$ .

## Control de las exposiciones particularmente intensas dentro de la jornada:

Según criterios contenidos en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" publicado por el INSST, cuando no existan VLA-EC asignados a los agentes químicos estudiados, para controlar las exposiciones por encima del VLA-ED dentro de una misma jornada de trabajo, pueden utilizarse los límites de desviación.

Los límites de desviación no son independientes, sino complementarios a los VLA. Para los agentes químicos que tienen asignado VLA-ED pero no VLA-EC, se establece el producto  $3 \cdot \text{VLA-ED}$  como el valor que no deberá superarse durante más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada de trabajo, no debiéndose sobrepasar en ningún momento el valor  $5 \cdot \text{VLA-ED}$ . 3.4.

## 3. 4. EQUIPOS UTILIZADOS

Para la medición con bombas de muestreo activo, los elementos de captación se alojaron en portafiltros y portatubos adecuados, unidos mediante tubos flexibles a bombas de muestreo personal. Las bombas utilizadas se detallan en la siguiente tabla:

TIPO DE BOMBA	MARCA	MODELO	Nº SERIE
BOMBA ALTO CAUDAL	GILIAN	GILIAN PLUS	20190610094
BOMBA ALTO CAUDAL	GILIAN	GILIAN PLUS	20190610060

En la calibración de las bombas se incorporó el elemento de captación a utilizar con cada bomba para simular la correspondiente pérdida de carga durante el muestreo, con el objeto de garantizar que el caudal establecido durante la calibración se corresponde con el de captación.

El caudal de muestreo se fijó calibrando cada bomba antes y después de la toma de muestras, con el siguiente equipo de calibración trazable:

TIPO DE BOMBA	MARCA	MODELO	Nº SERIE
CALIBRADOR DE BOMBAS	MESALABS	DEFENDER 510	168243

Estos equipos están incluidos dentro de un programa de calibración y verificación periódica.



### 3.5. CONDICIONES DE REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS

La estrategia de medición se ha diseñado para determinar la concentración ambiental de los agentes químicos, partículas fracción inhalable y respirable, en las condiciones recreadas por los técnicos de la FLC para las simulaciones de varias tareas de construcción con potencial riesgo higiénico.

El muestreo correspondió al aire que llega a las vías respiratorias del trabajador expuesto, que no tiene necesariamente que corresponder con la cantidad de contaminante que exista en un determinado lugar y en un momento dado, ya que el operario podría desplazarse y además, la concentración puede variar con el tiempo.

Estas consideraciones determinan la conveniencia de utilizar un sistema de muestreo personal que el operario pueda llevar consigo durante todo el tiempo que dure el muestreo y con la toma de muestras en su zona de respiración, a fin de conseguir un resultado fiel a la realidad, tal y como indica el documento sobre "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", publicado por el INSST.

La zona de respiración se define como el espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Con fines técnicos, una definición más precisa es la siguiente: semiesfera de 0,3 m. de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más alta de la cabeza y la laringe (UNE-EN 1540. Atmósferas en el lugar de trabajo. Terminología).

Los procesos analizados y las condiciones del muestreo se detallan en el apartado de la descripción de los procesos incluida en el apartado de Resultados.

### 3.6. CONTROL DE CALIDAD

Con objeto de realizar un adecuado control de calidad de todo el proceso de toma de muestras (recepción, almacenamiento, preparación, sellado, transporte hasta la empresa, fase de medición, y envío al laboratorio) y análisis en el laboratorio (recepción, pretratamientos, analítica, y tratamiento de resultados) se ha procedido al envío y análisis de las siguientes muestras blancas, en función de lo establecido en los métodos de toma de muestras y análisis de referencia.

REFERENCIA BLANCO	ELEMENTO DE CAPTACIÓN	Nº SERIE
781	Portafiltro IOM de plástico + Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	Partículas fracción inhalable
648WT	Portafiltro IOM de plástico + Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	Partículas fracción respirable
648WT	Portafiltro IOM de plástico + Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	Sílice cristalina respirable

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada muestra analizada.

#### 4.1.1. Puesto de trabajo: Supervisor/controller de las tareas

Descripción de la operación o proceso muestreado:

Supervisor de las tareas en el túnel. El trabajador se encarga de controlar las tareas que se realizan en el frente de excavación del túnel y de los accesos al mismo.

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción Inhalable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
SUPERVISOR/CONTROLLER DE LAS TAREAS DEL TÚNEL	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	184	120	1,12
		918	120	0,88
	Concentración media ponderada:			1,00

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción respirable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
SUPERVISOR/CONTROLLER DE LAS TAREAS DEL TÚNEL	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	647	240	<L.C
		Concentración media ponderada:		

Valores iguales a los blancos de muestreo  
<L.C.: Inferior al límite de cuantificación (<0,30 mg/m<sup>3</sup>)

<b>MATERIA PARTICULADA (Fracción sílice cristalina respirable)</b>				
TAREA	ACTIVIDAD	REF. MUESTRA	TIEMPO DE MUESTREO (min)	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )
				Polvo total
SUPERVISOR/CONTROLLER DE LAS TAREAS DEL TÚNEL	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	647	240	<L.C
				Concentración media ponderada:

Valores iguales a los blancos de muestreo  
 <L.C.: Inferior al límite de cuantificación (<0,005 mg/m<sup>3</sup>)

#### 4.2. VALORACIÓN DEL RIESGO

A continuación se muestran los cálculos realizados con los resultados obtenidos y los índices de exposición obtenidos:

##### 4.2.1. Puesto de trabajo: Supervisor/controller de las tareas

TAREA	ACTIVIDAD	T. DE EXPOSICION DIARIA (horas)	CONTAMINANTE	C.MEDIA (mg/m <sup>3</sup> )	EXPOSICIÓN DIARIA (ED) (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED <sup>1</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-EC <sup>2</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	INDICE DE EXPOSICIÓN= ED/VLA-ED
Supervisor/controlador de las tareas	Las indicadas en la descripción realizada de la operación	8	Partículas, fracción inhalable	1,00	1,00	10	---	0,10
			Partículas, fracción respirable	<L.C	<L.C	3		<0,10
			Sílice cristalina respirable	<L.C	<L.C	0,05		<0,10

<sup>1</sup> VLA-ED: Valor Límite Ambiental- Exposición Diaria, que representa la concentración media ponderada en el tiempo para una jornada de trabajo estándar de 8 hora/día y 40 horas/semana, a la cual la mayoría de los trabajadores puede estar expuesta sin sufrir efectos adversos para su salud.

<sup>2</sup> VLA-EC: Valor Límite Ambiental- Corta Exposición, que representa la concentración media ponderada para cortos periodos de exposición (máximo de 15 minutos) a la cual puede estar expuesta la mayoría de los trabajadores sin sufrir efectos adversos para su salud.

<L.C.: Inferior al límite de cuantificación

En cuanto a la exposición corta a partículas fracción inhalable, que no dispone de valor límite de corta exposición, los valores de concentración obtenidos

### 4.3. CONCLUSIONES

La norma *UNE-EN 689:2019 - Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos*. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional, establece los siguientes criterios para la valoración de la exposición por inhalación, basándose en los resultados obtenidos para los índices de exposición (I) de los agentes químicos de interés:

#### I) PRUEBA PRELIMINAR

La prueba preliminar requiere de tres a cinco mediciones válidas de la exposición de trabajadores pertenecientes a un Grupo de Exposición Similar (GES).

Un Grupo de Exposición Similar es un grupo de trabajadores que tienen el mismo perfil general de exposición para el agente o agentes químicos objeto de estudio, debido a la similitud y frecuencia de las tareas desarrolladas, por los materiales y procesos con los cuales trabajan, y por la similitud de la forma con la que realizan las tareas.

**a)** Si todos los resultados del índice de exposición (I) para un GES están por debajo de:

- 1)  $I = 0,1$  para un conjunto de 3 mediciones de la exposición, o
- 2)  $I = 0,15$  para un conjunto de 4 mediciones de la exposición, o
- 3)  $I = 0,2$  para un conjunto de 5 mediciones de la exposición, entonces se considera que el VLA no se supera: **Conformidad**.

**b)** Si uno de los resultados es mayor que  $I = 1$ , se considera que el VLA se supera: **No conformidad**.

**c)** Si todos los resultados están por debajo de  $I = 1$  y hay un resultado por encima de  $I = 0,1$  (del conjunto de tres resultados), o  $I = 0,15$  (del conjunto de cuatro resultados), o  $I = 0,2$  (del conjunto de cinco resultados), no es posible concluir sobre la conformidad con el VLA: **No decisión**.

## 5 RECOMENDACIONES

A continuación se indica según los resultados obtenidos para las diferentes tareas analizadas el tipo de equipo de protección recomendado:

TAREA	ACTIVIDAD	INDICE DE EXPOSICION= ED/VLA- ED	CONTAMINANTE	EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL
Supervisor/controller de las tareas	Las indicadas en la descripción de la operación	Jornada nº 1 0,1	Partículas, fracción inhalable	FFP1
		Jornada nº 1 0,1	Partículas, fracción respirable	FFP1
		Jornada nº 1 0,1	Sílice cristalina respirable	FFP1

La recomendación de equipo de protección en todos los casos donde el índice de exposición es <0,1 viene dada por la necesidad de completar la estrategia de muestreo.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL



FUNDACIÓN ESTATAL PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, F.S.P.



FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN