



Instituto de  
Salud Pública  
Ministerio de Salud

Gobierno de Chile



# Importancia del Volumen de muestreo en las determinaciones de fibras de amianto en aire

13 de mayo de 2025

**Diana Torremocha García**  
INSST-CNVM



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO  
Y ECONOMÍA SOCIAL

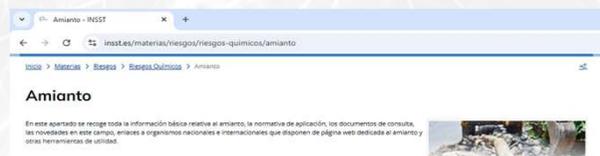


Instituto Nacional de  
Seguridad y Salud en el Trabajo

## Puntos a analizar:

- ❖ Documentación útil en España
- ❖ Introducción: qué es el amianto
- ❖ Tipos de mediciones y métodos de toma de muestra y análisis
- ❖ Protocolos para la toma de muestras
- ❖ Procedimiento de toma de muestra y análisis
- ❖ Importancia del volumen
- ❖ Ejemplos prácticos

## Documentación útil en España:



### ❖ RD 396/2006 y su Guía técnica

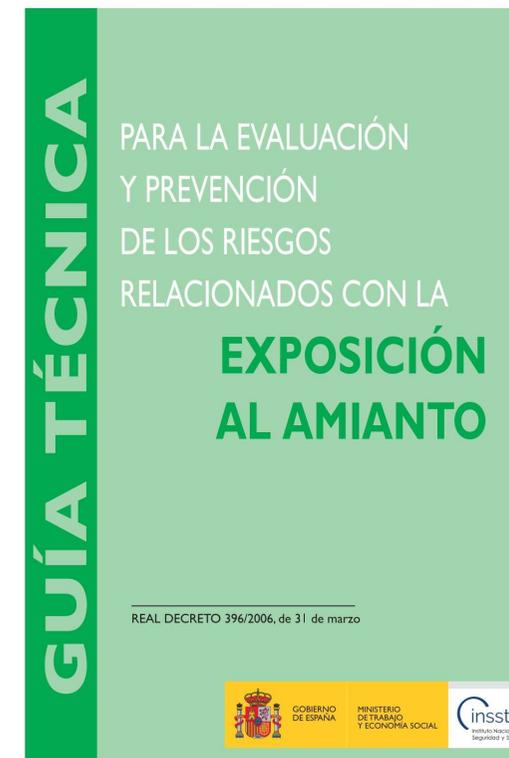
**BOE**  
 LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

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.

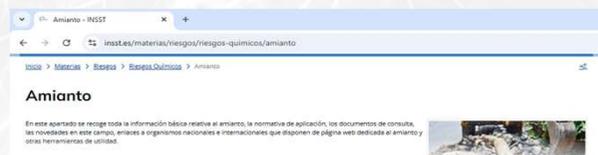
Ministerio de la Presidencia  
 «BOE» núm. 86, de 11 de abril de 2006  
 Referencia: BOE-A-2006-6474

ÍNDICE

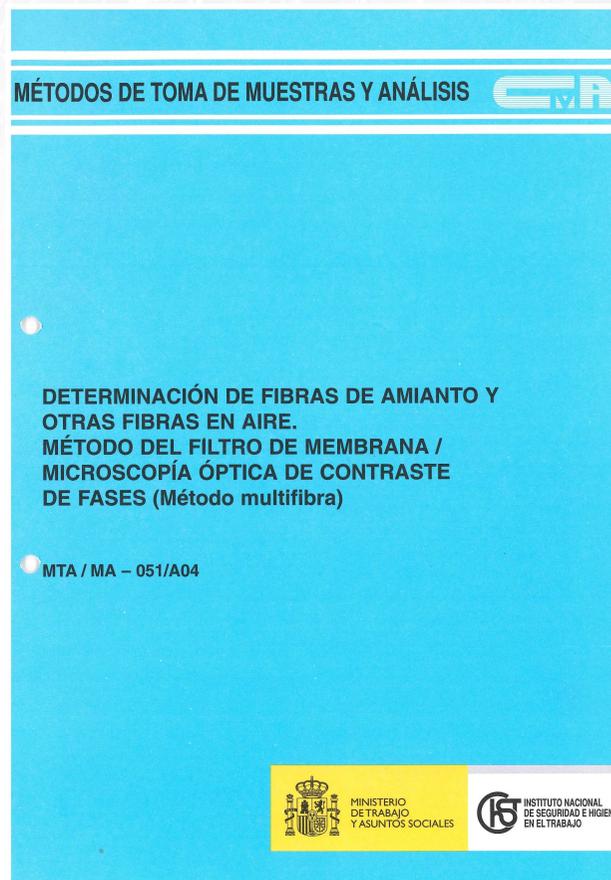
Preámbulo .....	3
CAPÍTULO I. Disposiciones generales .....	4
Artículo 1. Objeto .....	4
Artículo 2. Definiciones .....	5
Artículo 3. Ámbito de aplicación .....	5
CAPÍTULO II. Obligaciones del empresario .....	6
Artículo 4. Límite de exposición y prohibiciones .....	6
Artículo 5. Evaluación y control del ambiente de trabajo .....	6
Artículo 6. Medidas técnicas generales de prevención .....	7
Artículo 7. Medidas organizativas .....	7
Artículo 8. Equipos de protección individual de las vías respiratorias .....	7
Artículo 9. Medidas de higiene personal y de protección individual .....	8
Artículo 10. Disposiciones específicas para determinadas actividades .....	8
Artículo 11. Planes de trabajo .....	9
Artículo 12. Tramitación de planes de trabajo .....	10
Artículo 13. Formación de los trabajadores .....	10
Artículo 14. Información de los trabajadores .....	11
Artículo 15. Consulta y participación de los trabajadores .....	12



## Documentación útil en España:



- ❖ RD 396/2006 y su Guía técnica
- ❖ MTA/MA-051/A04



## Documentación útil en España:



❖ RD 396/2006 y su Guía técnica

❖ MTA/MA-051/A04

❖ CR-02 y CR-08



### Medida fiable de las concentraciones de fibras de amianto en aire. Aplicación del método de toma de muestras y análisis MTA/MA-051/A04. (Método multifibra)

CR-02/2005

#### Índice

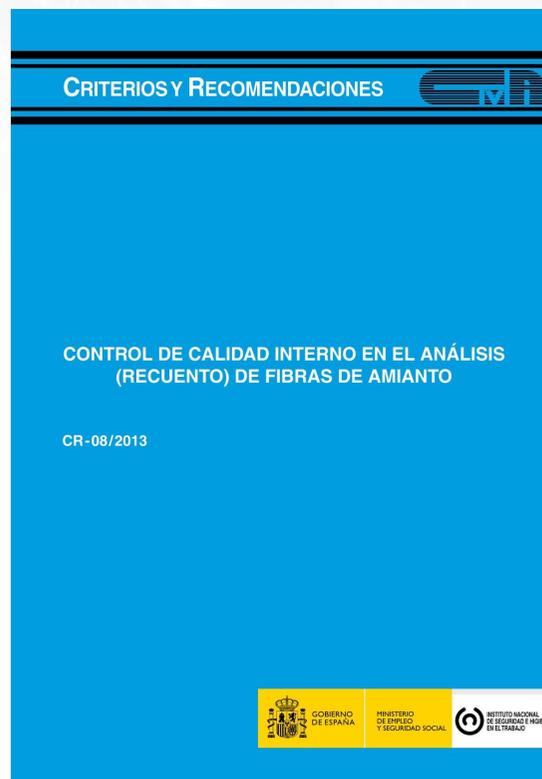
- 0. INTRODUCCIÓN
- 1. METODOLOGÍA APLICADA A LA DETERMINACIÓN DE FIBRAS DE AMIANTO EN AIRE
  - 1. Revisión histórica
  - 2. Armonización de los métodos de medida
- 2. LA DETERMINACIÓN DE FIBRAS DE AMIANTO EN AIRE EN ESPAÑA
  - 1. Laboratorios especializados en la determinación de fibras de amianto
  - 2. Cambios normativos. Directiva 2003/18/CE
- 3. NUEVO MÉTODO MTA/MA-051 DEL INSHT
  - 1. Comparación entre MTA/MA-051-A04 Y MTA/MA-010/A07. Aspectos a destacar
- 4. FIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES DE FIBRAS DE AMIANTO EN AIRE
- 5. REQUISITOS DERIVADOS DEL MÉTODO DE MEDIDA
  - 1. Método de medida: fundamento y fuentes de error
  - 2. Precisión de los recuentos de fibras
  - 3. Cantidad de muestra necesaria para el recuento de fibras: Densidad óptima de fibras en el filtro
  - 4. Incertidumbre del recuento de fibras
  - 5. Intervalo de aplicación del método MTA/MA-051. Importancia del volumen de muestreo
  - 6. Límite de detección
- 6. RESUMEN Y RECOMENDACIONES PARA ASEGURAR LA FIABILIDAD DE LAS DETERMINACIONES DE AMIANTO EN AIRE
  - 1. Recomendaciones para la toma de muestra
  - 2. Recomendaciones para el laboratorio de análisis. Requisitos para el informe analítico

#### BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

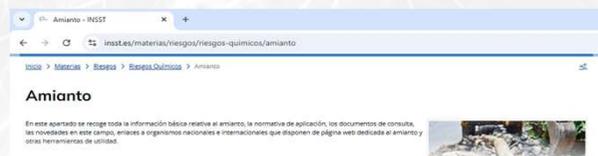
APÉNDICE: DISTRIBUCIÓN DE POISSON

#### 0. INTRODUCCION

La determinación de fibras de amianto en aire es necesaria para evaluar las exposiciones laborales y disponer de criterios objetivos que permitan juzgar la idoneidad de los procedimientos de trabajo y la eficacia de las medidas de prevención y control. Es evidente, por tanto, la importancia de que estas determinaciones sean fiables. Para realizar mediciones fiables, el método de medida (toma de muestra y análisis) es una herramienta clave y es necesario asegurarse de que es apropiado para el fin de la evaluación, que se aplica adecuadamente y que los resultados de las mediciones se interpretan y utilizan correctamente.



## Documentación útil en España:



- ❖ RD 396/2006 y su Guía técnica
- ❖ MTA/MA-051/A04
- ❖ CR-02 y CR-08
- ❖ NTP 1.168

AÑO 2021

 GOBIERNO DE ESPAÑA	 MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL	 Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo	 Notas Técnicas de Prevención	1.168
--	---	---	--	-------

**Pérdida de carga asociada a muestreadores y elementos de retención en el muestreo de agentes químicos**

*Pressure drop associated with samplers and collection substrates during sampling of chemical agents*  
*Perte de charge associée aux échantillonneurs et aux éléments de rétention lors de l'échantillonnage d'agents chimiques*

**Autor:**  
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

**Elaborado por:**  
Diana Torremocha García  
Beatriz Martín Pérez  
CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA. INSST

*Esta NTP proporciona información que facilita el trabajo a desarrollar por el Técnico de Prevención en la estrategia de muestreo para la realización de mediciones en la evaluación de agentes químicos. El conocimiento de la pérdida de carga que aporta el conjunto muestreador y elemento de retención facilita la selección de la bomba para que la medición sea fiable.*

## Documentación útil en España:



- ❖ RD 396/2006 y su Guía técnica
- ❖ MTA/MA-051/A04
- ❖ CR-02 y CR-08
- ❖ NTP 1.168
- ❖ NTP 1.159

AÑO 2021



### Amianto: Determinación de fibras en aire. Volumen de muestreo.

*Asbestos: Determination of asbestos fiber in air. Sampling volume.  
Amiante: Analyses des fibres d'amiante dans l'air. Volume d'échantillonnage.*

**Autor:**  
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo  
(INSST), O.A., M.P.

**Elaborado por:**  
José María Rojo Aparicio  
Diana Torremocha García  
CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA. INSST  
Eduardo Menéndez Dizi  
INSTITUTO ASTURIANO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS  
LABORALES (IAPRL)

*Mediante esta NTP se pretende destacar la influencia del volumen de muestreo en las mediciones de fibras de amianto en aire, aclarar conceptos esenciales para la toma de muestra y análisis (recuento) de fibras, proporcionar ejemplos de aplicación que ayuden a mejorar las estrategias de muestreo y, con todo ello, obtener mediciones fiables y representativas de la exposición.*

## Documentación útil en España:

- ❖ RD 396/2006 y su Guía técnica
- ❖ MTA/MA-051/A04
- ❖ CR-02 y CR-08
- ❖ NTP 1.168
- ❖ NTP 1.159
- ❖ Formación: Importancia del volumen de muestreo en las mediciones de fibras de amianto en aire



The screenshot shows a YouTube video player interface. The browser address bar displays the URL `youtube.com/watch?v=Sc_Uq3j5m7M`. The video title is "Webinario: Importancia del volumen de muestreo en las determinaciones de fibras de amianto en aire". The video content includes the following text: "SEMINARIO AMIANTO", "FORMACIÓN ESPECIALIZADA", "IMPORTANCIA DEL VOLUMEN DE MUESTREO EN LAS DETERMINACIONES DE FIBRAS DE AMIANTO EN AIRE", and the names of the speakers: "D. José M<sup>a</sup> Rojo Aparicio" and "D<sup>a</sup>. Diana Torremocha García". The date "CNVM, 21 de abril de 2023" is also visible. The video player shows 13,9 K subscribers for the channel "INSST" and a "Suscribirse" button. Interaction buttons for "Me gusta", "Compartir", "Descargar", and "Clip" are also present.

## Introducción: qué es el amianto



**INDUSTRIA**

*Figura A1.30 Detalle de calorifugado (coquilla)*



**BARCOS**

*Figura A1.37 Aislamientos de maquinaria (Borra de amianto)*



**TRENES**

## **SECTORES DE USO**



**TEXTILES**

*Figura A1.31 Tejidos de amianto*



**LABORATORIOS**



**ALMACENES**



*Figura A1.43a y b Cartones y juntas de amianto*

## PROPIEDAD ASBESTIFORME

Fibras de amianto se dividen y subdividen longitudinalmente

1 FIBRA de  $\varnothing$  2-20  $\mu\text{m}$   $\rightarrow$  700-800 FIBRILLAS de  $\varnothing$  2-20 nm

**FRIABILIDAD:** Capacidad que tiene un material de liberar las fibras que contiene

Material friable: el que puede ser disgregado o reducido a polvo con acción de la mano (más peligrosos)



Material no friable: necesita de herramientas mecánicas para ser desmoronado o reducido a polvo

## Tipos de mediciones y métodos de toma de muestra y análisis

- ❖ Mediciones de materiales con amianto (MCA)
- ❖ Determinar la exposición de los trabajadores
- ❖ Diseño y mejora de los procedimientos de trabajo
- ❖ Verificación de la selección adecuada del EPR
- ❖ Control de la eficacia de las medidas preventivas
- ❖ Test de reingreso (post-intervención) (ID)



# Tipos de mediciones y métodos de toma de muestra y análisis



DEPARTAMENTO SALUD OCUPACIONAL

**PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FIBRAS DE ASBESTO EN AIRE, EN AMBIENTES LABORALES, EN BASE AL MÉTODO DE MICROSCOPIA DE CONTRASTE EN FASE (PCM)**



DEPARTAMENTO SALUD OCUPACIONAL

**PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FIBRAS DE ASBESTO EN AIRE, PARA EFECTOS DE CONTAMINACIÓN COMUNITARIA Y DE REINGRESO A ÁREAS INTERVENIDAS, EN BASE AL MÉTODO DE MICROSCOPIA DE CONTRASTE EN FASE (PCM)**

VERSIÓN 1.0 – AÑO 2012, REVISIÓN AÑO 2024

La presente versión responde fielmente al contenido de la Resolución Exenta N° 930 del 21.04.2017 del Instituto de Salud Pública de Chile, que aprueba el presente documento

La presente versión ha sido oficializada mediante Resolución Exenta 18 del 09.01.2013 del Instituto de Salud Pública de Chile

## MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS



**DETERMINACIÓN DE FIBRAS DE AMIANTO Y OTRAS FIBRAS EN AIRE.  
MÉTODO DEL FILTRO DE MEMBRANA / MICROSCOPIA ÓPTICA DE CONTRASTE DE FASES (Método multifibra)**

MTA / MA – 051/A04





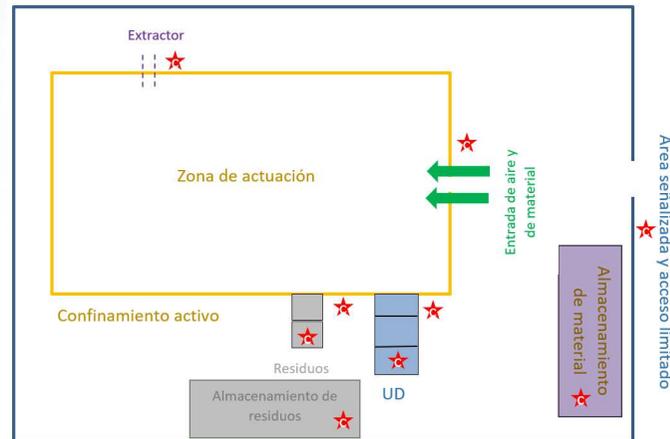
Foto cedida por IGR

## Fiabilidad de las mediciones

Muestras **representativas**



Estrategia de muestreo



Muestras **adecuadas**



Método de medida:  
Protocolo

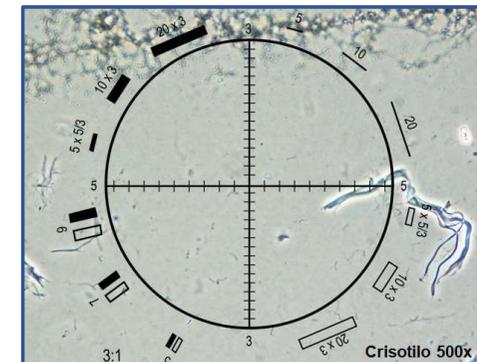
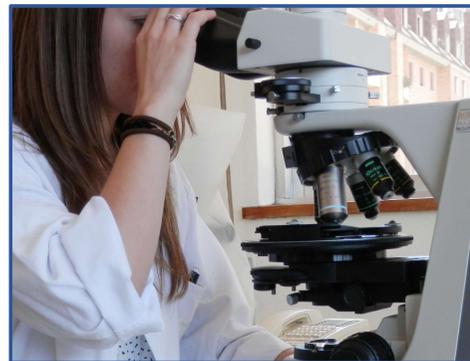
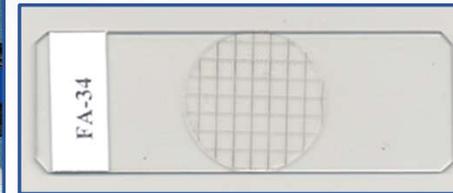


## Procedimiento:

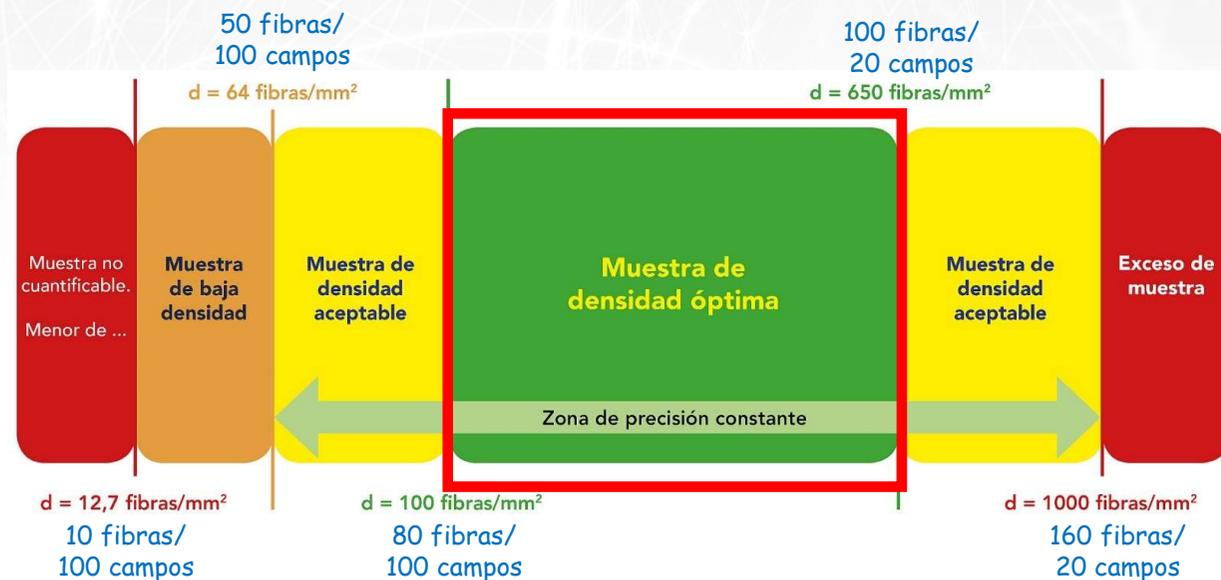
1. Tomar la muestra haciendo pasar aire por un filtro de membrana.

2. Transparentado del filtro.

3. Recuento de las fibras mediante un microscopio con contraste de fases.



# ¿Cómo consigo una densidad de fibras óptima?



## ¿Cómo consigo una densidad de fibras óptima?



**¡¡Con el volumen!!**

$$V = Q * t$$

Personales: 1,5 - 2,5 l/min

Ambientales: 7 - 10 l/min

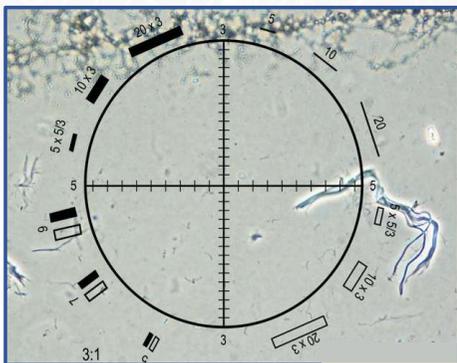
Tiempo de muestreo



## Importancia del volumen



$$F = \frac{N}{a} * \frac{A}{n}$$



$$d = \frac{N}{a * n}$$



**F**: número total de fibras en filtro

**N**: número de fibras contadas

**a**: área del campo de recuento (mm²)

**n**: número de campos contados

**A**: superficie efectiva del filtro (mm²)

## Importancia del volumen



$$C = \frac{F}{1000 * V}$$



$$C(LC) = \frac{F(LIR)}{1000 * V}$$

**C**: concentración de fibras en aire (fibras/cm<sup>3</sup>)

**LC**: límite de cuantificación (fibras/cm<sup>3</sup>)

**F**: número total de fibras en filtro

**LIR**: límite inferior de recuento (aprox.

**V**: volumen de aire muestreado (litros)

4900 fibras/filtro)

## Importancia del volumen



$$F = \frac{N}{a} * \frac{A}{n}$$

$$d = \frac{N}{a * n}$$

$$C = \frac{F}{1000 * V}$$

$$V = \frac{d * A}{C * 1000}$$

## Importancia del volumen



$$V_{mín/máx} = \frac{d_{mín/máx} * A}{C_{esperada} * 1000}$$

Ejemplos



Cómo calcular el volumen de muestreo adecuado:

**Densidad mínima óptima**



**Densidad máxima óptima**

100 fibras/mm<sup>2</sup>

$$V = \frac{d * A}{C_{esperada} * 1000}$$

650 fibras/mm<sup>2</sup>



V mín 770 l

Si A = 385 mm<sup>2</sup>



V máx 5.000 l

Para una concentración  
 0,05 fibras / cm<sup>3</sup>

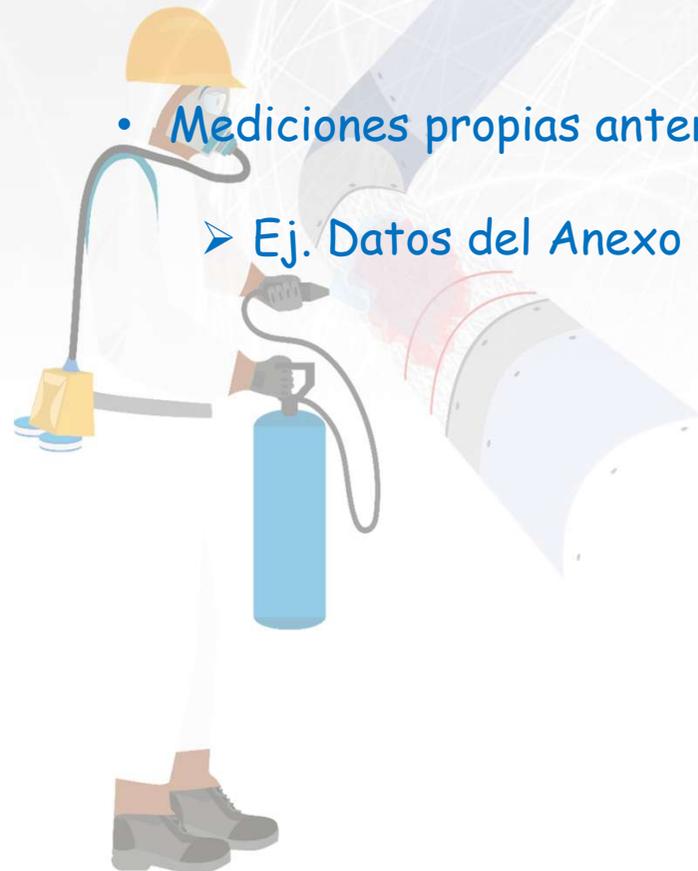
Ejemplos

¿Qué *Cesperada* utilizo?



- Mediciones propias anteriores para ese mismo TAD.

➤ Ej. Datos del Anexo IV.



FICHA PARA EL REGISTRO DE DATOS DE LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN EN LOS TRABAJOS CON AMIANTO

NOMBRE DE LA EMPRESA: Empresa RERA N° DE REGISTRO DE LA EMPRESA: 48/0000

PLAN DE TRABAJO N°: 48/200001

Fecha de inicio y finalización del trabajo 02/01/20 - 14/01/20

1. TIPO DE ACTIVIDAD REALIZADA	2. TIPO DE MATERIAL INTERVENIDO
<input checked="" type="checkbox"/> 1. Retirada de amianto y materiales con amianto <input type="checkbox"/> 2. Mantenimiento/ reparación de materiales con amianto. <input type="checkbox"/> 3. Transporte de residuos. <input type="checkbox"/> 4. Tratamiento y destrucción de residuos. <input type="checkbox"/> 5. Otras (especificar):	<input type="checkbox"/> 1. Amianto proyectado y revestimientos con amianto en paredes, techos y elementos estructurales <input checked="" type="checkbox"/> 2. Calorifugados. <input type="checkbox"/> 3. Otros materiales friables: paneles, tejidos de amianto, cartones, fieltros, etc (especificar). <input checked="" type="checkbox"/> 4. Fibrocemento. <input type="checkbox"/> 5. Losetas amianto-vinilo. <input type="checkbox"/> 6. Otros materiales no friables: masillas, pinturas, adhesivos, etc (especificar)

3. DATOS DE LAS EVALUACIONES

Nombre del trabajador	DNI	Núm. Seguridad Social	Tipo actividad (1)	Tipo material (2)	Exposición diaria (fibras/cm <sup>3</sup> ) (3)	Días de exposición	Tipo de EPI (4)
Trabajador 1	11.111.111-A	161111111	1 Retirada de amianto y materiales con amianto. Cubierta	4 Fibrocemento	0,025 (mediciones previas, Plan de Trabajo 48/190191)	3	Máscara con filtro P3 y traje tipo 5 con capucha integrada
Trabajador 1 (*)	11.111.111-A	161111111	1 Retirada de amianto y materiales con amianto. Sala de calderas	2 Calorifugados	0,081	7	Equipo filtrante con ventilación asistida con máscara con filtros contra partículas P3 y traje tipo 5 con capucha integrada
Trabajador 2	11.111.112-A	501111112	1 Retirada de amianto y materiales con amianto. Sala de calderas	2 Calorifugados	0,140	7	Equipo filtrante con ventilación asistida con máscara con filtros contra partículas P3 y traje tipo 5 con capucha integrada
Trabajador 3 (*)	11.111.113-A	141111113	1 Retirada de amianto y materiales con amianto. Sala de calderas	2 Calorifugados	0,140	7	Equipo filtrante con ventilación asistida con máscara con filtros contra partículas P3 y traje tipo 5 con capucha integrada
Trabajador 4	11.111.114-A	521111114	1 Retirada de amianto y materiales con amianto. Sala de calderas	2 Calorifugados	0,140	7	Equipo filtrante con ventilación asistida con máscara con filtros contra partículas P3 y traje tipo 5 con capucha integrada

(\*) Trabajador al que se le ha realizado la medición.

(1) Según la clasificación dada en 1. Para cada tipo de actividad se considerará el conjunto de operaciones realizadas por el trabajador diferenciándose, solo si procede, la operación más relevante.

(2) Según la clasificación dada en 2.

(3) Exposición diaria expresada en fibras por centímetro cúbico: es la concentración media de fibras de amianto en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias. Esta exposición se refiere a la determinada al realizar la última evaluación del tipo de actividad efectuada, conforme a lo dispuesto en los apartados 1, 2 y 3 del artículo 5.

(4) Tipo de equipo de protección individual en el caso de que se haya utilizado.

4. EVALUACIÓN REALIZADA POR:

- Servicio de Prevención propio.
- Servicio de Prevención ajeno. Nombre de la entidad: SPXX 2000
- Laboratorio de análisis (recuento) de fibra: Laboratorio Fibras 2000 (contraseña: MT-HLA n° 0)
- Método utilizado si ha sido diferente del MTA/MA-051 del INSHT:

Fecha y firma.

02/02/2020 Nombre del empresario/ Técnico Superior del Servicio de Prevención, especialidad higiene industrial

Ejemplos

**¿Qué *C<sub>esperada</sub>* utilizo?**



- Mediciones propias anteriores para ese mismo TAD.
  - Ej. Datos del Anexo IV.
- Bases de datos de organismos de reconocido prestigio. Por ejemplo:
  - Guía técnica (tabla del INRS y tabla del HSA).

OPERACIONES		Concentración estimada (fibras/cm <sup>3</sup> ) <sup>23</sup>	
		Con humectación/Buenas prácticas	En seco/Medidas preventivas insuficientes
Retirada de MCA (23)	Proyectado y otros productos aislantes	14,4	358
	Paneles aislantes, incluyendo tableros	0,41	15
	Fibrocemento	0,01	0,08
	Rellenos y refuerzos en una matriz flexible (incluyendo revestimientos proyectados tipo gotele)	0,02	0,08
	Juntas y empaquetaduras	0,05	0,2
	Pavimentos vinílicos	0,01	0,05
	Plásticos moldeados y cajas de baterías	0,001	0,01
Limpieza de MCA	De un tejado de fibrocemento	1 - 3	3
	De un revestimiento vertical de fibrocemento	1 - 2	5 - 8
Otros	Demolición a distancia de estructuras de amianto-cemento	< 0,01	< 0,1

Ejemplos

¿Qué *Cesperada* utilizo?



- Mediciones propias anteriores para ese mismo TAD.
  - Ej. Datos del Anexo IV.
- Bases de datos de organismos de reconocido prestigio. Por ejemplo:
  - Guía técnica (tabla del INRS y tabla del HSA).
  - Ev@lutil.
  - Scol@miente.

**inrs** Scol@miente

**Evaluation** Historique | i

**Activité :**  
 Sous-section 4 : Intervention

**Matériau :**  
 Revêtement intérieur / Faux plafond : plaque fibro ciment

**Technique de traitement :**  
 Découpage avec outil manuel

**Travail à l'humide :**  
 nombre insuffisant de données

**Captage à la source :**  
 Absence de captage localisé

**Indice de confiance :**   
 Résultat obtenu sur la base d'un nombre de mesures exploitables compris entre 12 et 50

**Empoussièrement :** 54 f/m

Dernière mise à jour des données : 22/02/2021  
 Ce résultat correspond à une évaluation a priori du niveau d'empoussièrement, celle n'étant pas l'employeur d'effectuer des propres évaluations réglementaires.

**Ev@lutil**  
 Base de données sur l'évaluation des expositions professionnelles aux fibres et aux particules géométriques

Accueil | A propos d'Ev@lutil | Bases de données | Glossaire | Liens utiles | FAQ | Contactez-nous

**BASES DOCUMENTAIRES - Fibres d'amiante**

Conseils de recherche

**RECHERCHE SIMPLE**

**RECHERCHE AVANCÉE**

1- Source (auteur, laboratoire ...)  [Liste disponible] [v] [Q] [h]

2- Année de publication ou d'édition  [Liste disponible] [v] [h]

3- Pays d'observation  [Liste disponible] [v] [Q] [h]

4- Profession de l'opérateur (CITP 1966)  [Liste disponible] [v] [Q] [h]

5- Activité du site contrôlé (CITI 1975)  [Liste disponible] [v] [Q] [h]

6- Matériau contenant de l'amiante (MCA)  [Liste disponible] [v] [Q] [h]

7- Opération sur le MCA  [Liste disponible] [v] [Q] [h]

[Rechercher]

**RECHERCHE EXPERTE**



**Pérdida de carga\***: diferencia entre la presión ambiente y la presión a la entrada de la bomba, para un caudal constante.

- Def. extraída de UNE-EN ISO 13137, apartado 3.9.

Extracto de la tabla 3 de la **NTP 1168**

ANO 2021



**Pérdida de carga asociada a muestreadores y elementos de retención en el muestreo de agentes químicos**

*Pressure drop associated with samplers and collection substrates during sampling of chemical agents*  
*Perte de charge associée aux échantillonneurs et aux éléments de rétention lors de l'échantillonnage d'agents chimiques*

**Autor:**

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

**Elaborado por:**

Diana Torremocha García  
Beatriz Martín Pérez  
CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MUESTREO

*Esta NTP proporciona información que facilita el trabajo a desarrollar por el Técnico de Prevención en la estrategia de muestreo para la realización de mediciones en la evaluación de agentes químicos. El conocimiento de la pérdida de carga que aporta el conjunto muestreador y elemento de retención facilita la selección de la bomba para que la medición sea fiable.*

**PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE ASOCIADO AL VOLUMEN DE MUESTREO**

OCTUBRE, 2023 | VERSIÓN 1.0

Muestreador	Tamaño filtro (mm)	Tamaño de poro (µm)	Material filtro	Caudal (l/min)	Pérdida de carga (kPa)
Muestreador de fibras en aire	25	0,8	MCE	0,5	0,6 - 0,7
				1	1,3 - 1,5
				2	2,7 - 3,0
				4	6,0 - 6,5
				6	8,5 - 9,6
				8	12,2 - 13,2
				10	15,7 - 16,8
	12	19,0 - 20,3			
	13	21,0 - 22,1			
	1,2	NC	0,5	0,7 - 0,9	
			1	1,3 - 1,7	
			2	2,4 - 3,1	
			4	4,1 - 4,9	
			6	6,6 - 7,6	
7			6,6 - 7,6		

## Caso práctico 1



Un técnico de prevención con la especialidad de higiene industrial tiene que realizar una **estrategia de muestreo** para realizar las **mediciones personales de reevaluación periódicas** de una empresa de desamiantado que va a efectuar unos trabajos de **retirada de cubiertas de fibrocemento operando por debajo** de la misma.

De **mediciones anteriores en trabajos similares** (mismo procedimiento, mismas medidas preventivas...), se sabe que la **exposición diaria es de 0,075 fibras/cm<sup>3</sup>**



En el **plan de trabajo** se indica que los trabajos van a realizarse en **dos jornadas** de trabajo **de 7 horas** cada una.

¿Qué **volumen y tiempo de muestreo** se podría recomendar?

PLAN DE TRABAJO ESPECÍFICO PARA  
LA OPERACIÓN DE RETIRADA DE  
PLACAS DE FIBROCEMENTO DE  
CUBIERTA EN LA OBRA DE DEMOLICIÓN  
DE LA





$$V_{\text{mín/máx}} = \frac{d_{\text{mín/máx}} * A}{C_{\text{esperada}} * 1000}$$

$$ED = \frac{C \cdot t_{\text{exposición}}}{8}$$

$$0,075 = \frac{C_{\text{esperada}} \cdot 7}{8}$$

Por lo tanto, la  $C_{\text{esperada}}$  se puede estimar en  $0,086 \text{ fibras/cm}^3$



$$V_{teórico(mínimo)} = \frac{100 \cdot 385}{0,086 \cdot 1.000} = 448 \text{ litros}$$

$$V_{teórico(máximo)} = \frac{650 \cdot 385}{0,086 \cdot 1.000} = 2.910 \text{ litros}$$



## Ejemplos



Para este tipo de mediciones, el tiempo de muestreo debe ser lo más cercano posible al tiempo de exposición, y como mínimo, el 70% de la jornada, que serían 4,9 horas. Se decide medir 5 horas

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q_{\text{teórico (mínimo)}} = \frac{448}{5 \cdot 60} = 1,5 \text{ l/min}$$

$$Q_{\text{teórico (máximo)}} = \frac{2.910}{5 \cdot 60} = 9,7 \text{ l/min}$$

Teniendo en cuenta que en la empresa se dispone de muestreadores de fibras con filtros de membrana de **ésteres de celulosa de  $0,8 \mu\text{m}$**  de tamaño de poro y de **3 bombas tipo P**, cuyos datos se aportan a continuación, extraídos de los manuales de instrucciones de cada una, **¿qué caudal y bomba se recomendaría?**



**Bomba 1 (de 0,85 l/min a 5 l/min)**

RANGO DE PRESION	
Caudal	("H <sub>2</sub> O)
LPM	- - - - -
0.85	20
1	25
2	26
2.5	-
3	23
4	15
5	5

**Bomba 2 (de 1 a 4 l/min)**

**Rango de compensación:** ..... 1000 a 2500 ml/min a contrapresión de agua de 40 pulgadas  
 3000 ml/min a contrapresión de agua de 35 pulgadas  
 4,000 ml/min a contrapresión de agua de 20 pulgadas

**Bomba 3 (de 4 a 10 l/min)**

Compensación a Caudal Constante..... Entre 4-10 LPM hasta las presiones enumeradas a continuación;  
 10L hasta 12" columna de agua  
 9L hasta 18" columna de agua  
 8L hasta 22" columna de agua  
 7L hasta 28" columna de agua  
 6L hasta 34" columna de agua  
 5L hasta 40" columna de agua  
 4L hasta 45" columna de agua

## Bomba 1 (de 0,85 l/min a 5 l/min)

Q (l/min)	kPa
1	6,22
2	6,48
3	5,73
4	3,74
5	1,25

Hemos calculado un rango de caudal óptimo entre 1,5 y

9,7 l/min

MUESTREADOR	TAMAÑO FILTRO (mm)	TAMAÑO DEL PORO (µm)	MATERIAL FILTRO	CAUDAL (l/min)	PÉRDIDA DE CARGA (kPa)
Muestreador de fibras en aire	25	0,8	MCE	0,5	0,6 - 0,7
				1	1,3 - 1,5
				2	2,7 - 3,0
				4	6,0 - 6,5
				6	8,5 - 9,6
				8	12,2 - 13,2
				10	15,7 - 16,8
				12	19,0 - 20,3
				13	21,0 - 22,1

**NTP 1168**

Q (l/min)	kPa
1 a 2,5	9,96
3	8,72
4	4,98

Hemos calculado un rango de caudal óptimo entre 1,5 y

9,7 l/min

MUESTREADOR	TAMAÑO FILTRO (mm)	TAMAÑO DEL PORO (µm)	MATERIAL FILTRO	CAUDAL (l/min)	PÉRDIDA DE CARGA (kPa)
Muestreador de fibras en aire	25	0,8	MCE	0,5	0,6 - 0,7
				1	1,3 - 1,5
				2	2,7 - 3,0
				4	6,0 - 6,5
				6	8,5 - 9,6
				8	12,2 - 13,2
				10	15,7 - 16,8
				12	19,0 - 20,3
				13	21,0 - 22,1

**NTP 1168**

Bomba 3 (de 4 a 10 l/min)

Q (l/min)	kPa
4	11,21
5	9,96
6	8,47
7	6,97
8	5,48
9	4,48
10	2,99

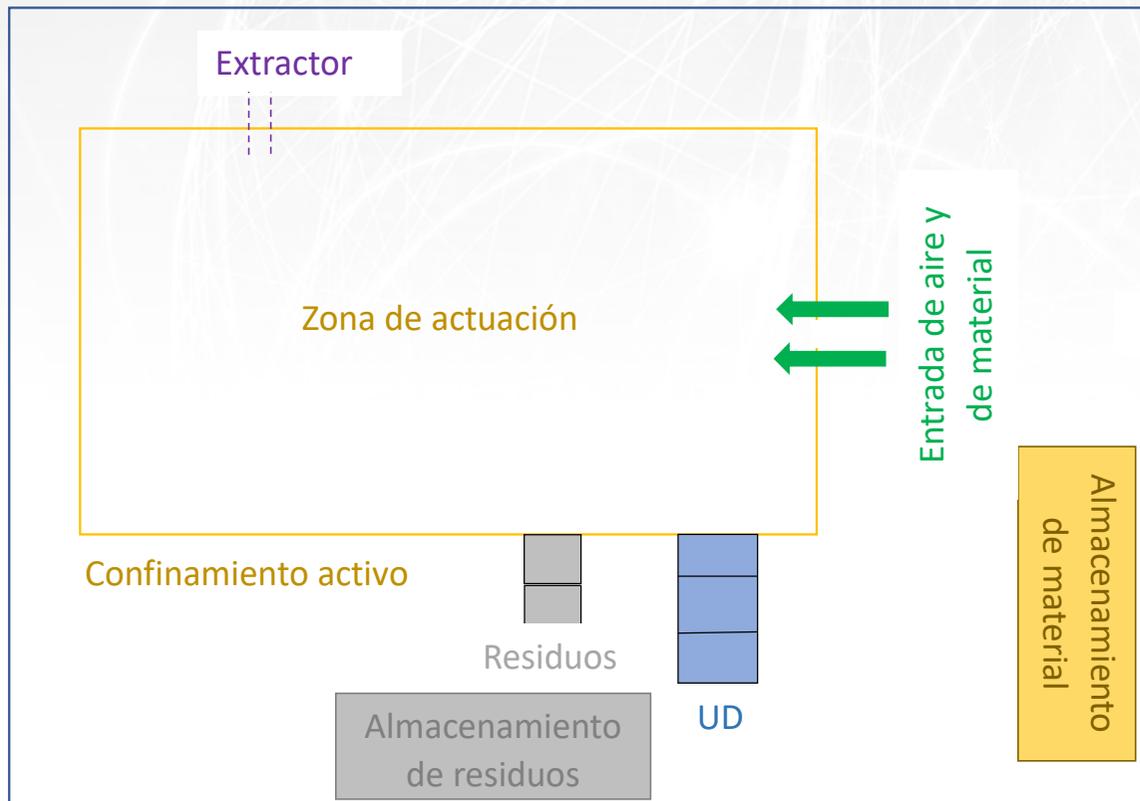
MUESTREADOR	TAMAÑO FILTRO (mm)	TAMAÑO DEL PORO (µm)	MATERIAL FILTRO	CAUDAL (l/min)	PÉRDIDA DE CARGA (kPa)
Muestreador de fibras en aire	25	0,8	MCE	0,5	0,6 - 0,7
				1	1,3 - 1,5
				2	2,7 - 3,0
				4	6,0 - 6,5
				6	8,5 - 9,6
				8	12,2 - 13,2
				10	15,7 - 16,8
				12	19,0 - 20,3
				13	21,0 - 22,1

NTP 1168

Hemos calculado un rango de caudal

óptimo entre 1,5 y 9,7 l/min

Elegimos muestrear a 5 l/min con la bomba 3 durante 5 horas de las 7 que duran los trabajos cada día



Un técnico de prevención con la especialidad de higiene industrial está elaborando el plan de trabajo de un **desamiantado de una sala de calderas**. Se plantea realizar un **confinamiento activo** como el mostrado en la figura.

¿Qué caudales y tiempos de muestreo se pueden recomendar para verificar que no hay fugas de fibras?

$A = 385 \text{ mm}^2$ ,  $a = 0,007854 \text{ mm}^2$  y los datos de la pérdida de

carga máxima que soporta la bomba:

Se esperan 0 fibras, pero para los

cálculos, hay que coger un volumen

suficientemente alto como para

garantizar que **NO hay fibras fuera del**

**confinamiento**

$$LIR = \frac{10 \text{ fibras} \cdot A}{100 \text{ campos} \cdot a}$$

Back pressure range -

Flow rate (litre/min)	Maximum back pressure	
	(inches of water)	(kPa)
2	205	51.0
4	175	43.5
8	125	31.1
12	85	21.1
16	50	12.4
20	15	3.7

Límite de cuantificación lo  
más bajo posible

Con esos datos, el LIR sería 4.900

fibras/filtro

Teniendo en cuenta que la concentración debe ser 0, el técnico debe elegir qué valor considera aceptable para verificar que no hay fugas.

Por ejemplo, se puede adoptar un valor cinco veces inferior a lo establecido como verificación de la calidad del aire (0,01 fibras/cm<sup>3</sup>), es decir, un **límite de cuantificación de 0,002 fibras/ cm<sup>3</sup>**

$$LC = \frac{LIR}{V \cdot 1000}$$

$$0,002 = \frac{4900}{V \cdot 1000}$$

$V = 2450 \text{ litros}$

## Ejemplos

V (litros)	Q (l/min)	t (min)	t (horas)
2450	2	1225	20
	4	613	10
	6	408	7
	8	306	5
	10	245	4
	12	204	3,4
	14	175	2,9
	16	153	2,6

*Elegimos muestrear a 10 l/min*

*durante 4 horas para asegurarnos que*

*la concentración es inferior a 0,002*

*fibras/cm<sup>3</sup>*



*Foto cedida por IGR*

Back pressure range -

Flow rate (litre/min)	Maximum back pressure	
	(inches of water)	(kPa)
2	205	51.0
4	175	43.5
8	125	31.1
12	85	21.1
16	50	12.4
20	15	3.7

CAUDAL (l/min)	PÉRDIDA DE CARGA (kPa)
0,5	0,6 - 0,7
1	1,3 - 1,5
2	2,7 - 3,0
4	6,0 - 6,5
6	8,5 - 9,6
8	12,2 - 13,2
10	15,7 - 16,8
12	19,0 - 20,3
13	21,0 - 22,1

¿Qué caudal y tiempo de muestreo se puede recomendar para **verificar la descontaminación de la zona** tras realizar el desamiantado, la limpieza y la **verificación visual (test de reingreso)?**

$$V_{teórico}(mínimo) = \frac{100 \cdot 385}{0,01 \cdot 1.000} = 3.850 \text{ litros}$$

$$V_{teórico}(máximo) = \frac{650 \cdot 385}{0,01 \cdot 1.000} = 25.000 \text{ litros}$$

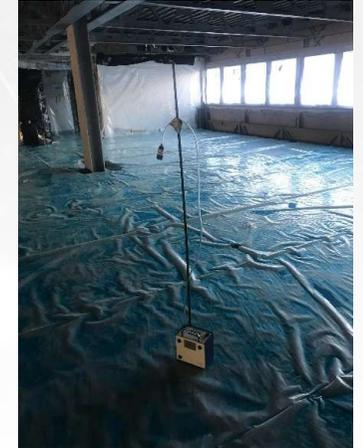
## Ejemplos

Se propone muestrear **7 horas a 10 l/min**, con lo que obtendríamos  
un volumen de 4.200 litros

$$LC = \frac{LIR}{V \cdot 1000}$$



$$LC = \frac{4900}{4200 \cdot 1000} = 0,001 \text{ fibras/cm}^3$$



*Foto cedida por IGR*

Con ese volumen, **el límite de cuantificación es de 0,001 fibras/cm<sup>3</sup>** apropiado  
para demostrar que la concentración es inferior a 0,01 fibras/cm<sup>3</sup>

¿Qué ocurre **si en el análisis aparecen fibras** en muestras para detectar fugas o en las muestras para el test de reingreso?

- Paralizar los trabajos y buscar fugas
- Limpiar de nuevo, realizar la verificación visual y repetir las mediciones





Instituto de  
Salud Pública  
Ministerio de Salud

Gobierno de Chile



# Gracias



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO  
Y ECONOMÍA SOCIAL



Instituto Nacional de  
Seguridad y Salud en el Trabajo