

# PROTOCOLO PARA LA TOMA DE MUESTRA DE METALES EN AIRE CON FILTRO MEC

SEPTIEMBRE 2016

**EDITOR RESPONSABLE:**

Christian Albornoz Villagra.  
Jefe de Sección Riesgos Químicos.  
Instituto de Salud Pública.

**REVISOR:**

Juan Alcaíno Lara,  
Subdepartamento de Ambientes Laborales  
Instituto de Salud Pública de Chile

D035-PR-500-02-001  
Septiembre 2016  
Versión 1.0

---

**Para citar el presente documento:**

Instituto de Salud Pública de Chile: "Protocolo para la Toma de Muestra de Metales en Aire con Filtro MEC". 2016, Versión 1.0.

Para consultas o comentarios se solicita ingresar a la página del Instituto de Salud Pública de Chile, [www.ispch.cl](http://www.ispch.cl), a la sección OIRS. Link directo: <http://www.ispch.cl/oirs/index.htm>.

---

# PROTOCOLO PARA LA TOMA DE MUESTRA DE METALES EN AIRE CON FILTRO MEC

---

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.- Presentación</b> .....	<b>4</b>
<b>2.- Objetivo</b> .....	<b>4</b>
<b>3.- Alcance</b> .....	<b>4</b>
3.1.- Alcance teórico .....	4
3.2.- Población objetivo .....	4
3.3.- Población usuaria .....	4
<b>4.- Marco Legal</b> .....	<b>4</b>
4.1.- Límites Permisibles .....	4
<b>5.- Terminología</b> .....	<b>5</b>
5.1.- Cabezal de muestreo .....	4
5.2.- Agente Químico .....	4
5.3.- Muestreo Personal .....	4
5.4.- Zona Respiratoria del Trabajador .....	4
5.5.- Muestreo del Ambiente de trabajado .....	4
5.6.- Filtro MEC .....	4
5.7.- Tren de Muestreo .....	4
<b>6.- Materiales, insumos y equipos</b> .....	<b>5</b>
<b>7.- Procedimiento de medición</b> .....	<b>5</b>
7.1.- Calibración inicial del tren de muestreo .....	4
7.2.- Muestreo .....	4
7.3.- Transporte .....	4
7.4.- Calibración final del tren de muestreo .....	4
7.5.- Volumen de muestreo .....	4
<b>8.- Criterios y estrategias de muestreo</b> .....	<b>9</b>
<b>9.- Bibliografía</b> .....	<b>9</b>
<b>10.- Participantes</b> .....	<b>9</b>
<b>11.- Anexos.-</b> .....	<b>9</b>

## 1. PRESENTACIÓN.

Una de las acciones importantes que debe realizarse en la práctica de la higiene ocupacional consiste en la evaluación de la concentración de los contaminantes en el aire de los ambientes de trabajo: aerosoles sólidos (polvos, humos); aerosoles líquidos (rocíos, nieblas); gases y vapores. Esta evaluación se realiza determinando la cantidad de contaminante que se encuentra presente en un volumen conocido de aire. Con este fin es necesario recolectar muestras, las que deben ser enviadas a un laboratorio especializado para su análisis.

Este protocolo considera la toma de muestra de los metales presentes en los lugares generados por condensación (humos) o por acción mecánica (aerosoles sólidos): Arsénico, cadmio, cobre, cromo, manganeso, molibdeno, níquel, plomo, selenio y zinc.

## 2. OBJETIVO.

Establecer una metodología estandarizada para la toma de muestra de metales en aire, que permita establecer los niveles de exposición de los trabajadores que se desempeñan en lugares de trabajo donde estén presentes estas sustancias, así como las concentraciones existentes en los lugares de trabajo.

## 3. ALCANCE.

### 3.1. Alcance Teórico.

Este protocolo se podrá aplicar en las siguientes situaciones:

- a) Verificación de cumplimiento del límite permisible ponderado.
- b) Verificación de cumplimiento del límite permisible temporal.
- c) Estudios epidemiológicos de exposición y programas de vigilancia ambiental.
- d) Verificación de eficacia y eficiencia de medidas de control.

### 3.2. Población Objetivo.

Trabajadores con exposición a metales en aire (polvos o humos) producto de sus actividades laborales.

### 3.3. Población Usuaría.

Profesionales que se desempeñan en el área de la higiene ocupacional.

## 4. MARCO LEGAL.

- a) DFL N° 1, de 2005, del Ministerio de Salud, refunde el texto del Decreto con Fuerza de Ley N° 2.763 de 1979 y las Leyes N° 18.933 y N° 18.469.
- b) Decreto Supremo N° 1.222, de 1996, del Ministerio de Salud, Reglamento del Instituto de Salud Pública de Chile.
- c) Decreto Supremo N° 594, de 1999, del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.

#### 4.1. Límites Permisibles.

El artículo N° 66, del D.S. N° 594, establece los Límites Permisibles Ponderados y Límites Permisibles Temporales, para los metales incorporados en este protocolo:

CAS	Sustancia	Limite Permisible Ponderado (mg/m3)	Limite Permisible Temporal (mg/m3)	Observaciones
7440-38-2	Arsénico y Comp. Sol. (expresado como As)	0,01	-	A.1
7440-43-9	Cadmio (expresado como Cadmio)	0,01	-	A.2
7440-50-8	Cobre - Humos	0,18	-	-
7440-50-8	Cobre – Polvos y Nieblas (expresado como Cu)	0,88	-	-
7440-47-3	Cromo, Metal y Compuestos Di y Trivalentes.	0,44	-	A.4
7440-47-3	Cromo, Compuestos Hexavalentes Solubles	0,044	-	A.1
7440-47-3	Cromo, Compuestos Hexavalentes Insolubles	0,009	-	A.1
7439-96-5	Manganeso – Humos	0,88	3	-
7439-96-5	Manganeso – Polvos y Comp.	0,9	-	-
7439-98-7	Molibdeno- Comp. Insol. (expresado como Mo)	8,75	-	-
7439-98-7	Molibdeno - Comp. Solubles (expresado como Mo)	4,38	-	A.3
	Níquel, Metal y Comp. Insol. (expresado como Ni)	0,88	-	A.1
	Níquel, Compuestos Solubles (expresado como Ni)	0,09	-	A.4
7439-92-1	Plomo - Polvo y Humos Inorgánicos (exp. como Pb)	0,05	-	A.3
7782-49-2	Selenio y Compuestos	0,18	-	-
7646-85-7	Zinc, Cloruro de - Humos	0,88	2	-
13530-65-9 11103-86-9 37300-23-5	Zinc Cromato de (expresado como Cr)	0,009	-	A.1
1314-13-2	Zinc, Óxido de - Humos	4,4	10	-

## OBSERVACIONES:

- Las sustancias calificadas como A.1 son comprobadamente cancerígenas para el ser humano, por lo cual se deberá extremar las medidas de protección y de higiene personal frente a ella.
- Las sustancias calificadas como A.2 son sospechosas de ser cancerígenas para el ser humano. Por lo cual se deberá extremar las medidas de protección y de higiene personal frente a ella.
- Las sustancias calificadas como A.3 no se ha demostrado que sean cancerígenas para seres humanos pero sí lo son para animales de laboratorio.
- Las sustancias calificadas como A.4 se encuentran en estudio pero no se dispone aún de información válida que permita clasificarlas como cancerígenas para seres humanos o animales de laboratorio.

## 5. TERMINOLOGÍA.

- 5.1. Cabezal de Muestreo:** Dispositivo conformado por un material retenedor del contaminante durante un muestreo. Corresponde a un portafiltro de 2 ó 3 secciones, en cuyo interior se coloca un filtro MEC, tamaño de poro de 0,8 micrómetros.
- 5.2. Agente Químico:** Cualquier elemento o compuesto químico, solo o mezclado con otros, tal como se presenta en estado natural o producido en cualquier actividad laboral.
- 5.3. Muestreo Personal:** Es aquel que se realiza colocando el tren de muestreo fijo al trabajador, ubicando el cabezal de muestreo en la zona respiratoria del trabajador.
- 5.4. Zona Respiratoria del Trabajador:** La que ocupa el volumen de una semiesfera de 30 cm de radio que va del centro de la recta que une las dos orejas a la nariz.
- 5.5. Muestreo del Ambiente de Trabajo:** Es aquel que se realiza colocando el tren de muestreo en un punto fijo del ambiente de trabajo, ubicando el cabezal de muestreo a una altura equivalente a la zona respiratoria.
- 5.6. Filtro MEC:** Filtro de membrana de ésteres de celulosa.
- 5.7. Tren de Muestreo:** Compuesto por una bomba de muestreo portátil, una manguera de conexión y cabezal de muestreo.

## 6. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS.

- a) Bomba de muestreo portátil de flujo constante.
- b) Mangueras de conexión y pinzas de sujeción.
- c) Portafiltro de 2 ó 3 secciones, con filtro MEC, de 37 mm de diámetro y tamaño de poro de 0,8 micrómetros.
- d) Calibrador de flujos.
- e) Ficha de registro de calibración y toma de muestra.

## 7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.

Identificados los metales que se requiere analizar, se debe consultar al laboratorio, donde se efectuará en análisis de las muestras, la cantidad máxima de metales que se pueden muestrear con un mismo filtro.

En la siguiente tabla se indican los caudales de muestreo de los metales especificados por este protocolo:

Sustancia	Caudal de Muestreo (l/m)
Arsénico	1,7-1,9
Cadmio	1,7-1,9
Cobre	1,7-1,9
Cromo(1)	1,7-1,9
Manganeso	1,7-1,9
Molibdeno	1,7-1,9
Níquel	1,7-1,9
Plomo	1,7-1,9
Selenio (2)	1,7-1,9
Zinc	1,7-1,9

### NOTA:

- (1) En el caso de sospecha de presencia de cromo hexavalente, se debe considerar la aplicación de una metodología específica de muestreo y análisis para determinar la concentración de esta sustancia.
- (2) Dado que en el análisis de selenio, la etapa pre-analítica (digestión) es distinta a la de los otros metales, la toma de muestras deberá efectuarse utilizando un cabezal de muestreo exclusivo para este elemento metálico. Realizar consulta previa al laboratorio.

Los caudales de muestreo corresponden a los establecidos en el “Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional”, del Instituto de Salud Pública, 2013.

### 7.1. Calibración Inicial del Tren de Muestreo.

- a) Armar el tren de muestreo, conectando el cabezal de muestreo a la bomba de muestreo portátil, a través de la manguera de conexión.
- b) Previo a la calibración, verificar que el tren de muestreo (conexiones) no presenta fugas.
- c) Realizar chequeo físico del calibrador, observando a lo menos: buen estado de la estructura y componentes, ausencia de fracturas o daños visibles y constatar que el certificado de calibración del equipo se encuentre vigente.
- d) Unir el calibrador de flujo al tren de muestreo, conectando el extremo libre del portafiltro (orificio de entrada).

- e) Encender y ajustar el caudal de la bomba de muestreo portátil al caudal requerido (entre 1,7 l/min y 1,9 l/min). Dejar que la bomba de muestreo se estabilice entre cinco a diez minutos aproximadamente.
- f) Calibrar el tren de muestreo, tomando la cantidad de lecturas parciales que exija el tipo de calibrador de flujo. El “caudal inicial” será el promedio de estas lecturas, aceptando un rango de dispersión respecto del caudal de referencia de +4%. Si no se logra un caudal en este rango se deberá enviar la bomba de muestreo a mantención y utilizar otra.

**NOTA:**

El filtro destinado a la calibración inicial y final del tren de muestreo, solo debe ser utilizado para este proceso.

- g) Registrar la identificación de la bomba de muestreo y del portafiltro, así como el caudal inicial en la ficha utilizada para la calibración y toma de muestra.
- h) En caso de utilizar más de un tren de muestreo, repetir los pasos desde a) hasta g) para cada uno de ellos.

**7.2. Muestreo.**

- a) El portafiltro debe tener los tapones perfectamente ajustados. Revisar que el filtro no se encuentre deteriorado.
- b) Identificar todos los cabezales de muestreo que serán utilizados en el muestreo con alguna codificación.
- c) Conectar los componentes del tren de muestreo: bomba de muestreo portátil, manguera de conexión y cabezal de muestreo.
- d) Manipular la(s) muestra(s) testigo o blanco disponible para cada muestra o lote, de la misma manera que las muestras reales, pero sin hacer pasar aire por ellas (retirar ambos tapones del portafiltro testigo o blanco). Una vez manipulado este testigo o blanco, se colocarán los tapones respectivos, identificarlo(s) y almacenarlos en un contenedor exclusivo para el transporte de muestras.
- e) Instalar el tren de muestreo para muestras de tipo personal o del ambiente de trabajo a la altura de la zona respiratoria de los trabajadores(as). En ambos casos el cabezal se coloca en posición vertical quedando el extremo por donde ingresa el aire en la zona respiratoria del trabajador. En caso de muestreo de tipo personal, se debe instruir al trabajador acerca del objetivo de la evaluación, el funcionamiento del tren de muestreo y las precauciones que debe tomar para evitar que la muestra se dañe o contamine.
- f) Poner en funcionamiento la bomba de muestreo portátil (nunca modificar el caudal de la calibración inicial).
- g) Anotar en la ficha utilizada para la calibración y toma de muestra, el nombre del trabajador o lugar de trabajo a evaluar, turno o ciclo de turno, tipo de muestra, hora de inicio de muestreo, fecha y las observaciones más relevantes en la toma de muestra, como por ejemplo: temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad del viento (si se cuenta con los equipos), métodos de trabajo, medidas de control existentes, etc.
- h) Una vez instalado el tren de muestreo, revisar que no existan elementos que obstruyan el paso del aire, o desconexiones en la línea, que puedan provocar un error en la toma de muestra.
- i) El tiempo de muestreo para comprobación del cumplimiento del límite permisible ponderado, será como mínimo el 70% de la jornada diaria de trabajo. **(ver punto 8)**

- j) Para el caso de verificación del cumplimiento del límite permisible temporal, el tiempo de muestreo corresponderá a 15 minutos continuos dentro de la jornada de trabajo o al necesario para cumplir con el volumen o masa mínima que requiere la técnica analítica.
- k) Al finalizar el muestreo (de tipo personal o del ambiente de trabajo) se deberá detener la bomba de muestreo portátil (anotar hora de término y registrar el tiempo de muestreo en la ficha para calibración y toma de muestra). Posteriormente retirar el portafiltro tapando ambos orificios.

**NOTA:**

- (1) No abrir los portafiltros bajo ninguna circunstancia hasta el análisis.
- (2) Mantener las muestras a temperatura ambiente. Consultar con laboratorio que analizará las muestras el tiempo máximo de almacenamiento desde la toma de muestra hasta su análisis.

**7.3. Transporte**

Los portafiltros (muestras) se deberán transportar en contenedores convenientemente protegidos que permita mantenerlos fijos impidiendo el contacto físico entre ellos, hasta el momento de su análisis. El transporte deberá realizarse de manera que las superficies del filtro siempre permanezcan paralelas a la horizontal y con la parte por donde ingresa el aire hacia arriba. Cualquier sospecha sobre alguna anomalía se deberá comunicar al laboratorio.

**7.4. Calibración Final del Tren de Muestreo.**

- a) Realizar la calibración final de acuerdo a lo establecido en la letra f), del punto 7.1, precedente, utilizando el cabezal de muestreo destinado a la calibración y registrar el caudal final en la ficha utilizada para la calibración y toma de muestra. Antes de realizar la calibración final dejar que la bomba de muestreo se estabilice entre cinco a diez minutos aproximadamente.  
Si el caudal final no está en el rango de  $\pm 4\%$  del caudal de referencia, desechar la muestra.
- b) Verificar si la diferencia entre ambos caudales (caudal inicial y caudal final) es menor o igual a 5%, utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta Q = \frac{(Q_{Mayor} - Q_{Menor})}{Q_{Menor}} \times 100$$

**Dónde:**

$Q_{Mayor}$ : Caudal Mayor.  
 $Q_{Menor}$ : Caudal Menor.

Si la diferencia es menor o igual a 5%, calcular el caudal de muestreo de acuerdo a la letra c) siguiente. Si la diferencia es mayor a 5%, desechar la muestra, enviar la bomba de muestreo portátil a mantención y volver a tomar la muestra.

c) Cálculo del Caudal de Muestreo:

$$Q_M = \frac{(Q_i + Q_f)}{2}$$

**Dónde:**

- $Q_M$  : Caudal de Muestreo.
- $Q_i$  : Caudal Inicial.
- $Q_f$  : Caudal Final.

d) Determinación del Volumen de Muestreo:

$$V_M = Q_M \cdot t_M$$

**Dónde:**

- $V_M$  : Volumen Muestreado.
- $Q_M$  : Caudal de Muestreo.
- $t_M$  : Tiempo de Muestreo.

Enviar la(s) muestra(s) tomada(s), indicando sus respectivos volúmenes de muestreo, y la(s) Muestra(s) Testigo, al Laboratorio para su análisis.

### 7.5. Volumen de Muestreo.

El volumen de muestreo tiene directa relación con el caudal de muestreo y el tiempo de muestreo. El volumen total de muestreo se podrá alcanzar tomando más de una muestra, para evitar la colmatación de los filtros. En esta última situación, para cada una de las muestras, deberá tenerse presente el volumen o masa mínima de muestreo y el límite inferior de cuantificación, dependiendo de la técnica analítica. Consultar estos antecedentes al laboratorio que analizará las muestras.

## 8. CRITERIOS Y ESTRATEGIAS DE MUESTREO.

En caso que el muestreo tenga como finalidad verificar el cumplimiento del límite permisible ponderado, este deberá ser de tipo personal y abarcar al menos el 70% de la jornada diaria del trabajador. En el caso de verificar el Límite Permisible Temporal, el muestreo deberá cubrir al menos 15 minutos continuos dentro de la jornada de trabajo (durante la condición más desfavorable de exposición en el proceso) o el tiempo necesario para cumplir con el volumen o masa mínima que requiere la técnica analítica. En cualquier caso se deberá considerar lo establecido en el capítulo IX "Estrategia y Criterios de Muestreo para Agentes Químicos, del Manual Básico Sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional, 2013".

## 9. BIBLIOGRAFIA.

- 9.1. Ministerio de Salud; "Decreto Supremo N°594, de 1999: Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.
- 9.2. Instituto de Salud Pública, "Manual Básico Sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional", 2013.
- 9.4. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo NTP 110 "Toma de Muestra de Metales (Polvos y Humos)".
- 9.5. 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 Límite y Estrategia de la Medición".

## 10. PARTICIPANTES.

- Rómulo Zúñiga R. Asociación Chilena de Seguridad.
- Juan C. Lizama V. Asociación Chilena de Seguridad.
- Sandra Méndez R. Asociación Chilena de Seguridad.
- Marcelo Molina I. Mutual de Seguridad C.CH.C.
- David González A. Mutual de Seguridad C.CH.C.
- Marcelo Romero Instituto de Seguridad del Trabajo.
- Ricardo Pastene M. Universidad Federico Santa María.
- Naria Oyanedel G. Instituto de Salud Pública de Chile.
- Rolando Vilasau D. Instituto de Salud Pública de Chile.