

# PROTOCOLO PARA LA TOMA DE MUESTRA DE ÓXIDO DE ETILENO EN AIRE CON TUBO DE CARBÓN ACTIVADO

**PROTOCOLO PARA LA TOMA DE MUESTRA DE ÓXIDO  
DE ETILENO EN AIRE CON TUBO DE CARBÓN ACTIVADO**

**Responsable:**

Christian Albornoz Villagra  
Sección Riesgos Químicos

**Revisor:**

Juan Alcaíno Lara  
Subdepartamento de Ambientes Laborales

D043-PR-500-02-001  
Junio, 2016  
Versión 2.0

---

**Para citar el presente documento:**

Instituto de Salud Pública de Chile, Protocolo para la toma de muestra de óxido de etileno en aire con tubo de carbón activado 2016, Versión 2.0.

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 ÓXIDO DE ETILENO EN AIRE CON TUBO DE CARBÓN ACTIVADO

---

## ÍNDICE

<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. Limite Permissible	5
<b>5. TERMINOLOGÍA</b>	<b>5</b>
<b>6. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS</b>	<b>6</b>
<b>7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO</b>	<b>6</b>
7.1. Calibración inicial del tren de muestreo	6
7.2. Muestreo	6
7.3. Calibración final del tren de muestreo	7
7.4. Volumen de muestreo	8
<b>8. CRITERIOS Y ESTRATEGÍAS DE MUESTREO</b>	<b>9</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>10</b>
<b>10. PARTICIPANTES</b>	<b>10</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.

Es importante considerar que existen otras metodologías para la toma de muestra de óxido de etileno en aire.

## 2. OBJETIVO.

Establecer una metodología estandarizada para la toma de muestra de óxido de etileno, que permita conocer los niveles de exposiciones de los trabajadores que se desempeñan en lugares de trabajo donde se utilice esta sustancia, así como las concentraciones existentes en los ambientes de trabajo.

## 3. ALCANCE.

### 3.1. Alcance Teórico.

Este protocolo comprende la forma de evaluar todas aquellas operaciones y actividades en las que los trabajadores(as) tengan exposición o sean susceptibles de estar con exposición a óxido de etileno, especialmente en las siguientes situaciones:

- a) Verificar cumplimiento del límite permisible ponderado para el óxido de etileno.
- b) Estudios epidemiológicos de exposición y programas de vigilancia ambiental.
- c) Verificación de la eficacia y eficiencia de medidas de control.

### 3.2. Población Objetivo.

Trabajadores expuestos a óxido de etileno existente en los lugares de trabajo 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. Límite Permissible.

El 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: Establece en su artículo 66° el límite permisible ponderado (LPP) para el óxido de etileno:

CAS	Sustancia	Límite Permissible Ponderado(1)		Observaciones
		p.p.m.	mg/m <sup>3</sup> (2)	
75-21-8	Óxido de etileno	0,9	1,58	A.2 (3)

#### **OBSERVACIONES:**

- (1) El Límite Permissible Ponderado puede ser superado momentáneamente, pero en ningún caso superar cinco veces el valor del límite.
- (2) Límite para una jornada de 8 horas diarias con un total de 45 horas semanales y hasta 1000 metros sobre el nivel del mar.
- (3) Sustancia calificada como A2, sospechosa de ser cancerígena en el ser humano, por lo cual se deberá extremar las medidas de protección y de higiene personal frente a ella.

## 5. TERMINOLOGÍA.

- 5.1. Cabezal de Muestreo:** Dispositivo en el que queda retenida la sustancia durante un muestreo.
- 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, sea intencionalmente o no.
- 5.3. Reductor de Caudal:** Dispositivo con el cual se disminuye y se ajusta el caudal requerido (se utilizará cuando la bomba de muestreo lo requiera).
- 5.4. Tubo de Carbón Activado:** Tubo adsorbente de dos secciones, recubierto con HBr, que contiene el material que retiene la sustancia a través del fenómeno de adsorción.
- 5.5. Tren de Muestreo:** Compuesto por una bomba de muestreo portátil, una manguera de conexión y como cabezal de muestreo un tubo de carbón activado, el que puede o no ser montado en un dispositivo reductor de caudal, según bomba de muestreo a utilizar.
- 5.6. 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.
- 5.7. 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. Y la nariz.

## 6. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS.

- a) Bomba de muestreo portátil.
- b) Dispositivo reductor de caudal si corresponde.
- c) Mangueras de conexión y pinzas de sujeción.
- d) Tubo de carbón activado.
- e) Calibrador de flujos.

- f) Etiquetas de rotulado.
- g) Planilla de calibración y para toma de muestra en terreno.
- h) Cinturón de ajuste rápido tipo velcro si corresponde.

## 7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.

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

- a) Armar el tren de muestreo, conectando el cabezal de muestreo (romper ambos extremos del tubo de carbón activado) a la bomba de muestreo portátil, a través de la manguera de conexión. Este cabezal debe pertenecer al mismo lote de los que se ocuparán en la toma de muestras.  
Si el cabezal de muestreo (tubo) es de dos secciones, la menor irá en dirección a la bomba.
- b) Previo a la calibración, verificar si el tren de muestreo presenta fugas.
- c) Realizar chequeo físico del calibrador.
- d) Unir el calibrador de flujo al tren de muestreo, conectando el extremo libre del tubo adsorbente.
- e) Encender la bomba de muestreo portátil.
- f) Ajustar el caudal de la bomba de muestreo portátil al caudal requerido (entre 0,02 l/min y 0,5 l/min). Dejar que la bomba de muestreo se estabilice entre cinco a diez minutos aproximadamente.
- g) 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 un +4%.

### NOTAS:

- (1) *El cabezal de muestreo utilizado en la calibración inicial y calibración final corresponderá al mismo lote que se utilizará para la toma de muestra, y será de uso exclusivo para esta actividad.*
  - (2) *El uso del dispositivo reductor de caudal queda sujeto para aquellas bombas que su caudal menor no alcanza los valores indicados en letra f), del punto 7.1, del presente protocolo. En estos casos la composición del tren de muestreo será la bomba de muestreo portátil, manguera de conexión y cabezal de muestreo compuesto por reductor de caudal y tubo de carbón activado.*
  - (3) *En el caso que el muestreo se realice en lugares donde exista altura geográfica, se debe consultar manual de instrucciones de la bomba de muestreo portátil entregado por el proveedor, considerando que la altura geográfica puede tener efectos en su funcionamiento.*
- i) Registrar la identificación de la bomba de muestreo, del tubo de carbón activado así como el caudal inicial en la ficha utilizada para la calibración y toma de muestra.
  - j) En caso de utilizar más de un tren de muestreo, repetir los pasos desde a) hasta h) para cada uno de ellos.

### 7.2. Muestreo.

- a) Identificar cada tubo de carbón activado (muestra) con alguna codificación.
- b) Conectar los componentes del tren de muestreo: bomba de muestreo portátil, manguera de conexión y cabezal de muestreo (incorporar el reductor de caudal si corresponde). Para este último romper ambos extremos del tubo de carbón activado, sin perder material adsorbente. De suceder esto último, des- echar el tubo y cambiarlo por otro. Para la toma de muestras solo se debe utilizar tubos adsorbentes sin uso previo.

**NOTA:**

- (1) *Los componentes del tren de muestreo corresponderán a los mismos dispositivos utilizados en la calibración, según lo indicado en el punto 7.1, con la excepción del tubo de carbón activado que deberá ser uno sin uso.*
- c) Preparar una muestra testigo o blanco, la que deberá ser manipulada de la misma manera que las muestras reales, pero sin hacer pasar aire por ella. Una vez manipulado este testigo se sellará ambos extremos con tapones de polietileno u otro material indicado por el laboratorio que realiza el análisis (nunca utilizar tela o cinta adhesiva).
  - d) Instalar el tren de muestreo para muestras de tipo personal (bomba en cinturón de ajuste rápido, tipo velcro) o del ambiente de trabajo a la altura de la zona respiratoria de los trabajadores. En ambos casos el tubo de carbón activado (cabezal de muestreo) se coloca en dirección vertical quedando el extremo por donde ingresa el aire más cercano a la zona respiratoria del trabajador. En caso de muestreo de tipo personal instruir al trabajador a evaluar respecto de cómo funciona el tren de muestreo, y sobre que no debe realizar para evitar que la muestra se deseche.
  - e) Poner en funcionamiento la bomba de muestreo portátil.
  - f) Una vez instalado el tren de muestreo, revisar que no existan obstrucciones o desconexiones que puedan provocar un error en la toma de muestra.
  - g) El tiempo de muestreo para comprobación del cumplimiento del límite permisible ponderado y para aplicación de programas de vigilancia, será como mínimo el 70 % de la jornada de trabajo.

**NOTA:**

- (1) *En el caso de muestras de ambiente de trabajo se debe elegir un lugar de muestreo representativo del objetivo propuesto.*
- h) Mantener un control directo del muestreo por el Profesional de Terreno.
  - i) Anotar en la ficha utilizada para la calibración y toma de muestra, el nombre del trabajador(a) 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), dirección del viento, métodos de trabajo, medidas de control existentes, etc.
  - j) Al finalizar el muestreo (del ambiente de trabajo o de tipo personal) se deberá detener la bomba de muestreo portátil (anotar hora de término o el tiempo de muestreo). Posteriormente retirar el tubo de carbón activado sellando ambos extremos con tapones de polietileno u otro material indicado por el laboratorio (nunca utilizar tela o cinta adhesiva).

**NOTA:**

- (1) *El transporte de las muestras (tubos adsorbentes) se realizará cumpliendo con las especificaciones de temperatura dadas por el laboratorio que realizará el análisis, considerando las condiciones generales de aceptación y rechazo de las muestras.*

### 7.3. Calibración Final del Tren de Muestreo.

- a) Realizar la calibración final de acuerdo a lo establecido en letra g), del punto 7.1, precedente, utilizando el tubo adsorbente 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 del 4% (+/-) del caudal de referencia, desechar la muestra.

- b) Verificar si la diferencia entre ambos caudales (caudal inicial y caudal final) utilizando la siguiente fórmula:

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

Dónde:

Q<sub>Mayor</sub>: Caudal Mayor.

Q<sub>Menor</sub>: Caudal Menor.

Si la diferencia es inferior o igual al 5%, calcular el caudal de muestreo de acuerdo a lo señalado en letra c) siguiente o de lo contrario desechar la muestra, enviar la bomba de muestreo portátil a mantenimiento y planificar un nuevo muestreo.

- c) Cálculo del Caudal de Muestreo:

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

Dónde:

Q<sub>M</sub> : Caudal de Muestreo.

Q<sub>i</sub> : Caudal Inicial.

Q<sub>f</sub> : Caudal Final.

Determinación del Volumen de Muestreo:

$$V_M = Q_M \cdot t_M$$

Dónde:

V<sub>M</sub> : Volumen Muestreado.

Q<sub>M</sub> : Caudal de Muestreo.

t<sub>M</sub> : Tiempo de Muestreo.

Enviar la(s) muestra(s) tomada(s) y la(s) Muestra(s) Testigo, indicando el volumen de muestreo de cada una de las muestras, al Laboratorio para su análisis.

#### 7.4. Volumen de Muestreo.

El volumen de muestreo tiene directa relación con el caudal específico de muestreo y el tiempo de muestreo. Cuando existan altas concentraciones en el ambiente, el volumen total de muestreo se podrá alcanzar tomando más de una muestra, para evitar la saturación de los tubos. 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.

Según el propósito de muestreo se determinará el tipo de muestra. Cuando se trate de verificar el cumplimiento de un límite permisible la muestra deberá ser de tipo personal o sea el trabajador evaluado deberá portar el tren de muestreo. Todos los demás propósitos, podrán utilizar muestreos del ambiente de trabajo y según la circunstancias combinar con muestreos personales.

En caso que el muestreo tenga como finalidad verificar el cumplimiento del límite permisible ponderado, este deberá ser de tipo personal y cubrir como mínimo el 70% de la jornada de trabajo. Para la comprobación del cumplimiento del exceso máximo permitido, (Artículo N° 60, D.S. 594 de 1999, del Ministerio de Salud) el muestreo deberá efectuarse en el menor tiempo posible considerando el caudal mínimo de muestreo, el límite de detección de la técnica analítica y el momento de mayor exposición.

## 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.
- 9.3. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, "Notas Técnicas de Prevención" (NTP 777 y 778).
- 9.4. Occupational Safety & Health Administration, Método Analítico 1010, Control N° T-1010-FV-01-0703-CH (Modificado).
- 9.5. Norma Europea EN 689, Atmosfera en el Lugar de Trabajo. Directrices para la Evaluación de la Exposición por Inhalación de Agentes Químicos para la comparación con Valores Límites y Estrategias de Medición.
- 9.6. UNE-EN 1540 Atmosferas en el lugar de Trabajo. Terminología.

## 10. PARTICIPANTES.

Agradecemos la participación y contribución de:

### Versión 1.0

Juan Carlos Lizama V., Asociación Chilena de Seguridad.

Rómulo Zuñiga R., Asociación Chilena de Seguridad.

Milka Garrido A., Secretaria Regional Ministerial.

Veronica Carrasco L., Secretaria Regional Ministerial.

Diego Hidalgo D., Instituto de Seguridad Laboral.

Pedro Quintanilla Barros, Instituto de Salud Pública.

Rolando Vilasau Dominguez, Instituto de Salud Pública.

La versión 2.0 corresponde a la actualización luego de los cambios reglamentarios actualmente vigentes