

Cu Zn Ga Ge As Se B  
Ag Cd In Sn Sd Te I  
Au Hg Tl Pb Bi Po A

Manual para el  
Manejo Ambientalmente  
Responsable del Plomo

Ti V Cr Mn Fe Co Ni  
Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd  
Hf Ta W Re Os Ir Pt

Cu Zn Ga Ge As Se B  
Ag Cd In Sn Sd Te I  
Au Hg Tl **Pb** Bi Po A

**Manual para el  
Manejo Ambientalmente  
Responsable del Plomo**

Cámara Minera de México

International Lead Management Center

Industrias Peñoles, S.A. de C.V.

Centro de Calidad Ambiental  
del Tecnológico de Monterrey

## EQUIPOS DE TRABAJO

---

<b>Cámara Minera de México</b>	Ing. Sergio Almazán Lic. Paloma García Segura Ing. Ericka Hernández Cruz
<b>International Lead Management Center</b>	Dr. Craig Boreiko Sr. Brian Wilson
<b>Industrias Peñoles</b>	Srita. Leticia Alvarez Martínez Ing. Pedro Flores Ángeles Lic. Guadalupe García Ríos Dr. Mario V. Huerta Huitzil Lic. Federico Kunz B. Dr. Alfredo Méndez Vázquez Lic. Karina Rodríguez Matus Ing. Camilo Valdez Abrego
<b>Centro de Calidad Ambiental del Instituto Tecnológico de Monterrey</b>	Ing. Edith Beltrán Valencia Ing. Emma Inés Cortés Soriano Ing. Erick Ricardo Rivas Rodríguez Ing. Ricardo Sánchez Sánchez
<b>Asociación Nacional para el Manejo Responsable del Plomo, A.C.</b>	Ing. Víctor Manuel Cuellar Arizpe Ing. Eduardo Rodríguez Morales

La Coordinación y Edición de este trabajo estuvo a cargo de Industrias Peñoles, S.A. de C.V.  
Diseño a cargo de SIGNI, S.C.; impresión hecha en Servicios Profesionales de Impresión, S.A. de C.V.

Cuando el científico francés, Gaston Plante, inventó la batería ácida de plomo en 1859, no pudo haber imaginado la relevancia que su creación tendría en el transporte, la comunicación, en las empresas de energía eléctrica, en los sistemas de emergencia y más recientemente en el almacenamiento de energía renovable. Sin embargo, desconocía los riesgos de éstas al ambiente, a la salud de los empleados y en general a la población afectada por la producción de plomo, desarrollo de productos, aplicación, uso y disposición o recolección final.

Efectivamente, necesitamos muchos productos elaborados con plomo, pero necesitamos manejarlos de manera segura y al final de su ciclo de vida disponerlos de forma adecuada para su reciclado.

Es por este motivo, que la industria del plomo se ha convertido en una de las más reguladas del mundo. No obstante la aplicación de diversas leyes nacionales y tratados internacionales sin una guía que explique cómo pueden cumplirse, puede ocasionar que la industria se dirija hacia un sector “informal”, o que las compañías migren a los países en desarrollo, donde las leyes ambientales suelen ser incipientes.

Muchas guías han sido publicadas por algunos Gobiernos y Agencias de las Nacio-

nes Unidas como la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Secretariado de Basilea, pero estos organismos han sido vistos por muchas compañías mexicanas de la industria como si éstas estuvieran dirigidas solamente hacia las grandes empresas transnacionales y organismos internacionales responsables del movimiento transfronterizo de materiales con plomo.

En consecuencia, la Cámara Minera de México (CAMIMEX) en colaboración con el International Lead Management Center (ILMC), así como con el apoyo de personal experto de Industrias Peñoles, del Centro de Calidad Ambiental del Tecnológico de Monterrey y de la Asociación Nacional para el Manejo Responsable del Plomo, A.C., elaboraron un manual práctico para la pequeña y mediana empresa, esperando proporcionar las suficientes herramientas para un medio laboral más seguro y para la protección de nuestro entorno.

Adicionalmente a esta guía integral de procesos relacionados con la industria del plomo y a una exposición de medidas pertinentes para mitigar riesgos potenciales, se incluye un resumen sobre la legislación y normatividad de la industria del plomo en México.

Brian Wilson  
INTERNATIONAL LEAD MANAGEMENT CENTER

## CONTENIDO

---

### Introducción 5

---

- Generalidades 6**
- 1.1 Definición y compuestos de plomo
  - 1.2 Principales usos
  - 1.3 Compuestos de plomo
  - 1.4 Toxicidad
  - 1.5 Riesgo
- 

### Impacto Ambiental 20

---

- Manejo del Plomo 25**
- 3.1 Inspección a procesos y tecnologías
- 

- Recomendaciones 30**
- 4.1 Análisis de Información
  - 4.2 Medidas de control
- 

### Bibliografía 40

---

- Anexos 41**
- Anexo 1. Valores del plomo en la salud pública
  - Anexo 2. Fuentes naturales y artificiales del plomo y sus compuestos
  - Anexo 3. Vías de exposición al plomo y sus compuestos
  - Anexo 4. Legislación ambiental mexicana en materia de plomo
  - Anexo 5. Normas por rama industrial relacionadas con el plomo
  - Anexo 6. Patentes sobre el plomo
  - Anexo 7. Mercado mundial y nacional del plomo
-

## INTRODUCCIÓN

Al igual que otros elementos utilizados por la humanidad durante muchos años, el plomo (Pb) ha sido objeto de una fuerte polémica por los efectos adversos que su uso y manejo inadecuado han ocasionado en la salud de la población y en el medio ambiente. Sin embargo, es indiscutible que en algunos de los casos aún no se encuentra un sustituto, por lo que el manejo responsable es la clave para continuar aprovechando sus beneficios.

En este compendio se presenta información de utilidad para el sector industrial, como sus características de toxicidad, riesgo, fuentes y vías de exposición, biodisponibilidad, impacto ambiental, normatividad mexicana y recomendaciones durante su manejo en cuatro procesos, con la finalidad de que el lector observe las medidas correspondientes cuando utilice plomo o alguno de sus compuestos.

## 1. GENERALIDADES

Las tres primeras secciones del presente documento abordan de manera general la toxicidad, riesgo, fuentes y vías de exposición del plomo y sus compuestos. Además, presentan información relevante sobre el manejo y control de las materias primas que contienen plomo y sus compuestos utilizados en la industria.

### 1.1 Definición y compuestos del plomo

Plomo (Pb): metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 a 16 °C), no tiene olor ni sabor especial, de color grisáceo, con aspecto brillante cuando se corta, al ser expuesto al aire se oxida rápidamente lo cual se denota a través del tono mate que adquiere. Muy dúctil, maleable y resistente a la corrosión, y pobre conductor de la electricidad, son características que lo hacen un elemento de amplia aplicación en metalurgia y electricidad. Número atómico 82, masa atómica 207.19 g/mg, densidad 11.4 g/ml, funde a 327 °C y hierve a 1,725 °C. Aunque resiste la acción del ácido sulfúrico y clorhídrico, se disuelve con facilidad en ácido nítrico concentrado caliente y ácidos orgánicos (cítrico, acético), originándose sales solubles.

Es 11 veces más denso que el agua, se obtiene de la galena (sulfuro de plomo) que es la forma más abundante de este elemento en la naturaleza y se encuentra generalmente asociada a diversos minerales de zinc y en pequeñas cantidades, con cobre, cadmio y hierro, entre otros.

La mayor parte de las emisiones de plomo hacia la atmósfera proviene de actividades como la minería, la producción de materiales industriales y de la quema de combustibles fósiles.

\* Fuente: Environmental Health Criteria 165, Inorganic Lead, OMS 1995.

### Estimación de la emisión antropogénica de plomo hacia la atmósfera\*

FUENTE	Emisión (toneladas / año)
<b>Combustión de carbón</b>	
Plantas de energía eléctrica Industrial y doméstico	780 - 4,650 990 - 9,900
<b>Combustión de petróleo</b>	
Plantas de energía eléctrica industrial y doméstico	230 - 1,740 720 - 2,150
<b>Producción de plomo</b>	
Minería	1,700 - 3,400
Producción de plomo	11,700 - 31,200
Producción de cobre - Ni	11,000 - 22,100
Producción de cadmio - Zn	5,520 - 11,500
<b>Otros</b>	
Producción de acero	1,070 - 14,200
Fuentes móviles	248,030



## 1.2 Principales usos

El plomo tiene muchas aplicaciones. Se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos metálicos (soldaduras y cañerías) y en dispositivos para evitar irradiación con Rayos X. Entre sus principales usos se encuentran los siguientes:

- Antidetonante en gasolinas
- Fabricación de baterías
- Producción de municiones
- Fabricación de soldaduras
- Producción de pinturas
- Vidriado de utensilios de barro
- Tanques de almacenamiento
- Protección contra radiaciones ionizantes "g" y "x", en computadoras, televisores y equipo médico (RMN)
- Soldaduras para equipo de cómputo
- Cerámicas para tecnología de ultrasonido
- Lentes de alta precisión para láser y fibras ópticas

## 1.3 Compuestos de plomo

Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. Este último forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial. Los compuestos de plomo son de dos clases: inorgánicos y orgánicos.

Los inorgánicos incluyen a las sales y a los óxidos, los más destacados son:

- Óxidos: Litargirio (PbO) o protóxido de plomo, bióxido de plomo (PbO<sub>2</sub>), minio (Pb<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) u óxido de plomo rojo.
- Carbonato de plomo
- Cromato de plomo
- Arseniato de plomo
- Sulfato de plomo
- Sulfuro de Plomo
- Antimoniato de plomo

Entre los compuestos orgánicos se encuentran:

- Acetato de plomo
- Tetraetilo de plomo
- Tetrametilo de plomo
- Estearato de plomo
- Naftenato de plomo

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de ellos y sus principales usos.

### ÓXIDOS

#### Monóxido de plomo (PbO)

Conocido también como litargirio, es comercialmente predominante, usado principalmente en acumuladores, pinturas, vidrio y productos de cerámica.

Puede formarse naturalmente a partir del plomo y sus compuestos en la atmósfera, por lo que una fuente de emisiones de plomo es una fuente potencial de monóxido de plomo.

#### Dióxido de plomo (PbO<sub>2</sub>)

Este compuesto presenta la característica de riesgo de fuego al entrar en contacto con materiales orgánicos, y de reacciones explosivas en contacto con diversos compuestos inorgánicos.

Se utiliza en los electrodos de las baterías, como agente oxidante durante la fabricación de tintas, en conjunto con fósforo amorfo como superficie de ignición de los cerillos y juegos piro-técnicos y en la fabricación de pigmentos.

#### Minio u óxido de plomo rojo (Pb<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)

Se usa principalmente en pinturas anticorrosivas para acero y en acumuladores. También se utiliza en vidrio para fibras ópticas, en composiciones de polímeros eléctricamente conductivos, lubricantes, pigmentos para hules y para la producción de dióxido de plomo y tetracetato de plomo.

#### Cromato de plomo ( $\text{CrO}_4\text{Pb}\cdot\text{OPb}$ )

El cromato de plomo es un precipitado amarillo brillante que se obtiene al mezclar disoluciones de una sal de plomo y de cromato o dicromato potásico. Conocido con el nombre de "amarillo de París" o "amarillo de cromo"; se emplea para el estampado de tejidos de algodón. El "amarillo de Colonia" es un color de pinturas que se prepara calentando sulfato de plomo con una disolución de dicromato potásico.

El cromato básico de plomo,  $\text{CrO}_5\text{Pb}_2$ , es un polvo rojo que se forma cuando se hace actuar una disolución fría de sosa cáustica sobre el cromato normal o también mezclando cromato y óxido de plomo con agua. Es un pigmento importante para pinturas, conocido en el comercio con los nombres de "rojo de cromo", "anaranjado de cromo", "rojo Derby" y "rojo chino"; y es utilizado en pigmentos de pinturas industriales, pinturas de aceite y en análisis químicos de sustancias orgánicas.

#### Arseniato de plomo ( $\text{AsHO}_4\cdot\text{Pb}$ )

Se produce por reacción de óxido de plomo con una dispersión acuosa de pentóxido de diarsénico. Sus aplicaciones principales son en la agricultura, como insecticida en huertos de manzanas y herbicidas en césped. Su uso en Estados Unidos ha sido prohibido por la EPA (Environmental Protection Agency).

#### Carbonato de plomo ( $\text{CO}_3\cdot\text{Pb}$ )

Se fabrica añadiendo una solución de bicarbonato de sodio al nitrato de plomo. En la naturaleza se forma cuando el plomo elemental es liberado a la atmósfera, por lo que cualquier fuente de plomo es una fuente potencial de carbonato de plomo.

Como tal, el carbonato de plomo tiene aplicaciones industriales limitadas, se usa como catalizador en la polimerización del formaldehído y para mejorar la adherencia del policloropreno a metales y en mangueras reforzadas con cables. Sin embargo el dihidroxicarbonato de plomo, que contiene un 66% de carbonato de plomo es muy utilizado comercialmente.

#### Sulfato de plomo ( $\text{PbSO}_4$ )

Se usa en la fotografía, como estabilizador en construcciones de adobe y en sustitución del plomo blanco como pigmento.

Además se utiliza en baterías galvánicas, en litografía y barnices de secado rápido. Se conoce también como "blanco de Mulhouse" o "pigmento blanco 3".

#### Antimoniato de plomo ( $\text{SbO}_3$ ) $\text{Pb}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$

Es un sólido blanco que se forma mediante adición de una disolución de ácido antimónico a otra de acetato de plomo; se utiliza como color para pintura y también como colorante del vidrio y de la porcelana. Se conoce como amarillo de Nápoles.

#### Sulfuro de plomo ( $\text{PbS}$ )

Se presenta de manera natural en el mineral galena, y su presencia en el medio ambiente se debe principalmente a los procesos de minería y en el manejo del mineral. Usado en cerámica, semiconductores y detectores infrarrojos, celdas fotoconductoras y como catalizador para remoción de mercaptanos de los destilados del petróleo.

#### Acetato de plomo ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4\cdot\text{Pb}$ )

Anteriormente era utilizado en soluciones acuosas muy diluidas como un astringente para los ojos y en cataplasmas y lavados para el tratamiento de la inflamación por contacto; es sumamente venenoso. Se conocía también como "sal de Saturno" y "azúcar de plomo".

Se utiliza principalmente en la manufactura de barnices, pigmentos de cromo, tintes para el cabello, pinturas antioxidantes y como reactivo analítico. Se fabrica por medio de la disolución del monóxido de plomo o del carbonato de plomo en ácido acético concentrado. Comercialmente se encuentra como acetato de plomo trihidratado.

#### Tetraetilo de plomo ( $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ) $\text{Pb}$

La producción de este compuesto está dirigida principalmente a su uso como aditivo de la gasolina por ser un agente antidetonante, por lo tanto, la exposición a este compuesto puede ocurrir durante la síntesis, manipulación y transporte de la gasolina.

Existen diversas formas para fabricarlo, sin embargo, a partir de 1974 su producción ha disminuido considerablemente para ser reemplazado por el metil-terbutil eter (MTBE).

### Estearato de plomo $Pb(C_{18}H_{35}O_2)_2$

Junto con el estearato de plomo dibásico se utiliza para ayudar a la estabilidad térmica de compuestos de cloruro de polivinilo.

### Naftenato de plomo

Es un componente de numerosas grasas y aceites de uso industrial.

## 1.4 Toxicidad

A la fecha se han realizado diversos estudios a nivel nacional e internacional a través de los cuales se han tratado de identificar los niveles de toxicidad para el plomo y sus compuestos. Sin embargo, esta tarea es difícil debido a los numerosos factores que tienen influencia, como pueden ser las características de la persona expuesta (edad, peso, tipo de alimentación, estado de salud, estilo de vida, etc.), el tipo de compuesto, el tiempo de exposición, dosis de exposición, vías de exposición (contacto dérmico, ingestión e inhalación). Tenemos también que todos los compuestos inorgánicos actúan en el organismo de la misma forma una vez que han sido absorbidos, además de que por lo general son poco solubles. Es por ello que su toxicidad es relativamente escasa comparada con la de los compuestos orgánicos, los cuales difieren de los primeros en cuanto a su absorción, adsorción y distribución en el organismo.

Los resultados arrojados por las investigaciones también incluyen las alteraciones en el cuerpo humano en función de la duración de la exposición y del tipo de compuesto de plomo, además que su característica de acumulación incrementa el riesgo para la salud.

No se conoce aún una función biológica de este elemento en el ser humano y se ha detectado que los segmentos de la población más vulnerables a la exposición al plomo son los niños menores de 6 años y fetos.

De manera general podemos clasificar los tipos de intoxicación en dos clases:

### 1.4.1 Aguda.

Esta se define como "los efectos adversos totales producidos por una sustancia (en este caso el plomo) cuando se administra en dosis única o en dosis múltiples a lo largo de un período de 96

horas o menos". Es la menos frecuente, generalmente es accidental y suele resultar de la inhalación de partículas de óxidos de plomo. Al principio se presenta un estado de anorexia con síntomas de dispepsia y estreñimiento y después un ataque de dolor abdominal generalizado, además de diarrea, sabor metálico en la boca, náuseas, vómito, lasitud, insomnio y debilidad. Los síntomas incluyen dolor tipo cólico gastrointestinal.

La encefalopatía aguda debido al plomo es rara en los adultos, pero se cuenta con información sobre diversos casos en niños intoxicados con pedazos de pintura de casas viejas, principalmente en los Estados Unidos. Las formas más severas de la encefalopatía se desarrollan de repente con pérdida de la estatura corporal y se puede presentar coma o paro respiratorio. (Gots 1992, Albert 2002).

### 1.4.2 Crónica.

La toxicidad crónica se define como "los efectos adversos totales producidos por un agente tóxico (en este caso el plomo), cuando se administran dosis con una exposición prolongada (mayor a 96 horas) de modo intermitente a lo largo de un período considerable de tiempo (generalmente tres meses o más)". Se presenta generalmente por la adsorción de óxidos, carbonatos y otros compuestos solubles en agua a través del tracto digestivo. Otra vía de exposición es la inhalación como sucede en las fundiciones donde los trabajadores están expuestos a humos y polvos. Los síntomas asociados son pérdida de peso en niños, debilidad, anemia y déficit neuroconductual. En los adultos se manifiesta como problemas gastrointestinales.

Debido a su toxicidad, en México, la autoridad ambiental federal considera como residuos peligrosos, algunos de los residuos de la fundición (primaria y secundaria) de plomo; extracción; producción de baterías; y los residuos conteniendo secantes, pigmentos y otros compuestos (a base de plomo o el plomo en sí) durante la producción de pintura, y por esta razón se encuentran sujetos a las disposiciones normativas correspondientes al manejo de los residuos peligrosos.

En México, la exposición de los trabajadores al plomo se encuentra normada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) a través de la NOM-010-STPS-1999. La primera columna en la Tabla 1 contiene dicha información.

Las últimas 3 columnas de la Tabla 1, contienen información de los límites máximos de exposición de los trabajadores para cada compuesto en Estados Unidos, según los requerimientos legales de la OSHA (Occupational Safety

and Health Administration), y las recomendaciones de la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) y del NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).

Tabla 1. Límites de exposición de los trabajadores al plomo y sus compuestos

Compuesto	STPS	OSHA (PELs <sup>a</sup> )	ACGIH (TLVs <sup>b</sup> )	NIOSH (RELs <sup>c</sup> )
Plomo y compuestos inorgánicos	LMPE-PPT <sup>d</sup> : 0.15 mg/m <sup>3</sup>	0.05 mg/m <sup>3</sup> Turno laboral de 8 horas	TWA <sup>e</sup> : 0.05 Turno laboral de 8 horas	< 0.1 mg/m <sup>3</sup> Turno laboral de 8 horas
Monóxido de plomo	-	-	-	-
Dióxido de plomo	-	-	-	-
Tetraóxido de plomo	-	-	-	-
Cromato de plomo	-	-	TWA: 0.05 mg/m <sup>3</sup> como Pb, 0.012 mg/m <sup>3</sup> como Cr	TWA 0.001 mg/m <sup>3</sup> como Cromo (VI)
Arseniato de plomo	LMPE-PPT: 0.15 mg/m <sup>3</sup>	TWA: 0.01 mg/m <sup>3</sup> como As	TWA: 0.15 mg/m <sup>3</sup>	TWA: C 0.002 mg/m <sup>3</sup> como As, 15 min.
Carbonato de plomo <sup>f</sup>	-	-	-	-
Sulfato de plomo <sup>f</sup>	-	-	-	-
Antimoniato de plomo <sup>f</sup>	-	TWA: 0.5 mg/m <sup>3</sup> como Sb <sup>g</sup>	TWA: 0.5 mg/m <sup>3</sup> como Sb <sup>g</sup>	TWA: 0.5 mg/m <sup>3</sup> como Sb <sup>g</sup>
Sulfuro de plomo	-	-	-	-
Acetato de plomo	-	-	0.15mg/m <sup>3</sup> h	-
Tetraetilo de plomo	-	TWA: 0.075 mg/m <sup>3</sup> , skin <sup>g</sup>	TWA: 0.1 mg/m <sup>3</sup> , skin <sup>g</sup>	TWA: 0.075 mg/m <sup>3</sup> , skin <sup>g</sup>
Estearato de plomo	-	-	-	-
Naftenato de plomo	-	TWA: 100,000 ppm <sup>h</sup>	TWA: 100,000 ppm <sup>h</sup>	-

Fuentes: NOM-010-STPS-1999  
Guide to Occupational Exposure Values, ACGIH, 2001

<sup>a</sup> **PELs:** Permissible Exposure Limits (Límites Permisibles de Exposición).

<sup>b</sup> **TLVs:** Threshold Limit Value (Valor de Umbral Límite).

<sup>c</sup> **RELs:** Recommended Exposure Limits (Límites de Exposición Recomendados).

<sup>d</sup> **LMPE-PPT:** Límite Máximo Permissible de Exposición Promedio Ponderado en Tiempo. Para el caso del plomo la STPS lo considera como: plomo, polvos inorgánicos, humos y polvos (como Pb).

<sup>e</sup> **TWA:** Time weighted average exposure concentration

(Concentración de Exposición Promedio Ponderado en Tiempo) para un día de trabajo convencional de 8 horas (TLV, PEL) o hasta 10 horas (REL) y una semana de trabajo de 40 horas.

<sup>f</sup> Se incluyen dentro de la categoría del Plomo y los compuestos inorgánicos.

<sup>g</sup> Guide to Occupational Exposure Values 2001, compiled by ACGIH Worldwide.

<sup>h</sup> Material Safety Data Sheet of Chemicals Products.

Otro aspecto evaluado también es el potencial del plomo y sus compuestos para producir cáncer, la categoría en la cual se coloca a cada compuesto, se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. **Categoría de Carcinogenicidad del Plomo y sus Compuestos**

Compuesto	Categoría	No. CAS	No. UN*
Plomo y sus compuestos	A3 EPA-B2 IARC-2B MAK-3B TLV-A3	7439-92-1	-
Monóxido de plomo	-	1317-36-8	3288
Dióxido de plomo	-	1309-60-0	1872
Tetraóxido de plomo	-	1314-41-6	-
Cromato de plomo	EPA-A NTP-K IARC-1 TLV-A2 MAK-3B NIOSH-Ca	7758-97-6	-
Arseniato de plomo	EPA-A NTP-K IARC-1 OSHA-Ca MAK-1 NIOSH-Ca	3687-31-8	1617
Carbonato de plomo	OSHA: No carcinógeno IARC- No carcinógeno <sup>1</sup>	598-63-0	-
Sulfato de plomo	EPA/IRIS -B2 IARC-2B1	7446-14-2	1794
Antimoniato de plomo	-	-	-
Sulfuro de plomo	-	1314-87-0	-
Acetato de plomo	-	301-04-2	1616
Tetraetilo de plomo	IARC-3 TLV-A4	78-00-2	1649
Estearato de plomo	TLV-A4 , como estearato	1072-35-1	-
Naftenato de plomo	-	8052-41-3 <sup>1</sup>	-

**A3:** Clasificación de la STPS, definida como Carcinógeno en animales. La STPS lo considera como: plomo, polvos inorgánicos, humos y polvos (como Pb).

**EPA-A:** Carcinógeno humano. Evidencia suficiente de estudios epidemiológicos para apoyar una asociación causal entre la exposición y el cáncer.

**EPA-B2:** Posible carcinógeno humano. Suficiente evidencia de estudios animales, evidencia inadecuada de estudios epidemiológicos.

**IARC:** International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional para Investigación sobre el Cáncer)

**IARC-1:** Carcinógeno humano. Las circunstancias de exposición implican exposiciones que son carcinogénicas a seres humanos. Esta categoría es usada cuando hay suficiente evidencia de carcinogenicidad a seres humanos. Excepcionalmente, un agente puede ser colocado en esta categoría cuando la evidencia en humanos no es suficiente pero hay suficiente evidencia de carcinogenicidad en animales experimentales y fuerte evidencia en seres humanos expuestos, que el agente actúa a través de un mecanismo relevante de carcinogenicidad.

**IARC-2B:** Posible carcinógeno humano. Las circunstancias de la exposición implican exposiciones que son posiblemente carcinógenas a humanos. Esta categoría es usada para agentes, mezclas, y circunstancias de exposición para las cuales hay evidencia limitada de carcinogenicidad en seres humanos y menos que suficiente evidencia en animales de laboratorio. También puede ser usada cuando la evidencia de carcinogenicidad es inadecuada pero hay suficiente evidencia en animales.

**IARC-3:** Inclasificable como carcinógeno en humanos. Esta categoría es usada más comúnmente para agentes, mezclas y circunstancias de exposición para las cuales la evidencia

<sup>1</sup> Material Safety Data Sheet of Chemicals Products

\* Número de las Naciones Unidas

Fuentes: NOM-010-STPS-1999  
Guide to Occupational Exposure Values, ACGIH, 2001

de carcinogenicidad es inadecuada en seres humanos e inadecuada o limitada en experimentos con animales. Agentes, mezclas y circunstancias de exposición que no caen en cualquier otro grupo, también son colocadas dentro de esta categoría.

**MAK:** Federal Republic of Germany Maximum Concentration Values in the Workplace (Valores máximos de concentración en el lugar de trabajo en la República Federal Alemana).

**MAK-1:** Células mutagénicas que se ha mostrado que se incrementa la frecuencia de mutación en la descendencia de los seres humanos expuestos.

**MAK-3B:** Sustancias que causan preocupación ya que pueden ser carcinogénicas para el hombre pero no se puede asegurar por la falta de información. Sustancias para las cuales pruebas in vitro o en animales han brindado evidencia de carcinogenicidad que no es suficiente para la clasificación de la sustancia en otras categorías. Se requiere de más estudios antes de que una clasificación pueda ser hecha. Un valor de MAK puede ser establecido, dado que efectos genotóxicos no han sido detectados.

**NIOSH:** National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional)

**NIOSH-Ca:** Carcinógeno ocupacional potencial, sin categorización posterior.

**NTP:** National Toxicology Program (Programa Toxicológico Nacional).

**NTP-K:** Carcinógeno humano conocido. Hay suficiente evidencia de carcinogenicidad a partir de estudios en humanos, lo que indica que hay una relación causal entre la exposición al agente, sustancia o mezcla y el cáncer en seres humanos.

**OSHA:** Occupational Safety and Health Administration (Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional).

**OSHA-Ca:** Carcinógeno definido sin categorización adicional.

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor de Umbral Límite).

**TLV-A2:** Sospecha de carcinógeno humano. Datos en seres humanos son aceptados como adecuados en calidad pero conflictivos o insuficientes para clasificar al agente como un carcinógeno humano confirmado; o, el agente es carcinógeno en experimentos con animales a dosis, por ruta(s) de exposición, a sitio(s), de tipo(s) histológicos, o por mecanismo(s) considerado relevante para la exposición de los trabajadores. El A2 es usado principalmente cuando hay evidencia limitada de carcinogenicidad en humanos y suficiente evidencia en animales experimentales de interés para los seres humanos.

**TLV-A3:** Carcinógeno animal confirmado con relevancia desconocida para seres humanos: El agente es carcinógeno en animales experimentales en una dosis relativamente alta, por rutas de administración, en el sitio, de tipos histológicos, o por mecanismos que pueden no ser relevantes para la exposición del trabajador. Estudios epidemiológicos disponibles no confirman un incremento de riesgo de cáncer en humanos expuestos. La evidencia disponible no sugiere que sea posible que el agente provoque cáncer en seres humanos excepto bajo rutas o niveles de exposición poco frecuentes o poco probables.

**TLV-A4:** No clasificable como carcinógeno humano: agentes que pueden causar preocupación sobre la posibilidad de que sean carcinógenos para los seres humanos, pero esto no se puede establecer de manera concluyente debido a la carencia de datos.

En relación a salud pública, también se han emitido límites de concentración. En el Anexo 1 "Valores del Plomo en la Salud Pública", se presentan los límites máximos del plomo para este rubro, así como otras especificaciones en diferentes medios.

## 1.5 Riesgo

El riesgo es la probabilidad de daño, enfermedad o muerte bajo circunstancias específicas. Cuando la severidad del daño ocasionado se puede medir, podemos establecer que el riesgo será entonces la probabilidad de que el daño ocurra, multiplicada por la severidad del daño ocasionado (como el número de días de incapacidad de un empleado), pero es mucho más frecuente que las consecuencias del riesgo no se puedan cuantificar (como la muerte o el cáncer) y así, el riesgo se calcula entonces solo como la probabilidad de que el evento suceda.

Cuantitativamente se expresa desde valores de cero (certidumbre de que no habrá daño) a uno (certidumbre de que sí ha-

brá daño), o puede describirse cualitativamente como "alto", "bajo" o "insignificante".

Muchos riesgos son conocidos con un grado de exactitud relativamente alto, pues se ha reunido información sobre su ocurrencia histórica (por ejemplo, el riesgo por muerte en accidentes domésticos, o en accidentes automovilísticos), pero los riesgos asociados con muchas otras actividades, entre ellas la exposición a sustancias, son muy difíciles de evaluar y cuantificar. Aunque existen datos sobre los riesgos por ciertos tipos de exposición a sustancias, estos se limitan a los casos en los cuales hubo una exposición muy alta que arrojó resultados observables inmediatamente; en el caso de la exposición a niveles en los cuales no se causa daño o enfermedad inmediatamente observable, la evaluación de los riesgos asociados es mucho más compleja, si agregamos además el hecho de que no sea sólo una sustancia la que está involucrada en la exposición.

Para analizar el riesgo de una actividad o sustancia es necesario realizar entonces una Evaluación de Riesgo para la Salud en Sitios Contaminados por Plomo.

La evaluación pretende definir el nivel de exposición al plomo, pero también busca analizar las rutas de la exposición. Se entiende por sitio al área o lugar contaminado por plomo. El tamaño de éste puede variar desde unos cuantos kilómetros (por ejemplo el área vecina a una fundidora), hasta decenas de kilómetros (una ciudad contaminada por la emisión de vehículos que utilicen gasolina con plomo). Esta Evaluación comprende tres etapas:

- 1) **Fase ambiental.** Incluye antecedentes del sitio, rutas y vías de exposición y contaminación ambiental
- 2) **Fase biológica.** Comprende los biomarcadores de exposición, biomarcadores nutricionales, caracterización del riesgo en la salud y definición de riesgo
- 3) **Fase concluyente.** Compendia las conclusiones generales, las recomendaciones y la comunicación de riesgo.

Esta metodología es una modificación de la descrita por la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATDSR, 1992, por sus siglas en inglés). (Díaz-Barriga, 1999).

### 1.5.1 Fase ambiental.

En esta fase se llevan a cabo tres etapas: antecedentes del sitio, rutas de exposición y contaminación ambiental.

#### I. Antecedentes del sitio.

- a. **Descripción del sitio.** Ubicación geográfica, topografía, meteorología, hidrogeología, poblaciones, etc.
- b. **Información oficial sobre los tóxicos presentes en el sitio.** Definir cuáles otros contaminantes pueden estar presentes, además del plomo.
- c. **Datos históricos.** Recopilar información histórica para conocer cuál es el origen de la contaminación, desde cuándo existe, si siempre ha sido la misma, desde cuándo ha ocurrido la exposición humana al plomo.
- d. **Información demográfica.** Definir el tamaño de la población que se considera se encuentra expuesta al plomo, establecer la distribución por edades, sexo y grupos étnicos, nivel socioeconómico, tipos de vivienda, nivel educativo, acceso a servicios de drenaje y agua potable, etc.

e. **Medio ambiente.** Recopilar información sobre el tipo de suelo y cubierta vegetal; tipo de cuerpos de agua que se localizan (arroyos, ríos, etc.), datos sobre sus usos, descargas urbanas, agrícolas e industriales; tipo de cuerpos de agua profunda, acuíferos confinados, semi-confinados, no confinados y pozos localizados en el área, datos de sobreexplotación, etc.; y emisiones a la atmósfera.

f. **Datos meteorológicos relevantes.** Promedio de precipitación anual, época de lluvias máximas y estiaje, temperatura promedio anual, época de frío y de calor, dirección de vientos predominantes, etc.

g. **Visita al sitio.** Es recomendable para confirmar la información anteriormente mencionada, para conocer las inquietudes o preocupaciones de la comunidad con relación al sitio contaminado y para conocer las principales o principal fuente de contaminación, en general conocer la problemática del lugar.

#### II. Rutas de Exposición

Estas adquieren gran importancia ya que es el camino que recorre un contaminante para llegar a algún organismo vivo. Toda ruta de exposición se compone de cinco factores:

a. **Fuente de contaminación o exposición.** En cuanto a las fuentes de plomo, las clasificamos en naturales y artificiales o antropogénicas. En el anexo 2, se presenta una tabla con las fuentes que existen para cada uno de los compuestos de plomo.

b. **Medio ambiente.** Es el responsable de transportar los contaminantes desde la fuente hasta el punto de exposición a través del agua, aire y suelo.

Cuando el manejo de materiales que contienen plomo y sus compuestos no es el adecuado, existe una posibilidad muy amplia de que estos se transporten hacia los diferentes componentes ambientales: suelo, agua, aire. De las propiedades de los compuestos de plomo dependerá que el contaminante se acumule en uno u otro. A continuación, la Tabla 3 presenta el destino que pueden tener en el ambiente.

Tabla 3. Exposición de los diferentes medios al plomo y sus compuestos

	Medio ambiente		
	Suelo	Agua	Aire
<b>Óxidos de plomo</b>	<p>No se lixivian en el suelo a causa de su relativa insolubilidad. Se presume que se convierten en formas más insolubles como sulfato, fosfato de plomo, sulfuro de plomo.</p> <p>También forma compuestos complejos con la materia orgánica y arcillas, por lo que su movilidad se limita.</p>	<p>Al ingresar a un medio acuático, se disolverá parcialmente y el resto se asentará. En el caso del monóxido de Plomo en su estado de disolución formará ligandos, los cuales variarán dependiendo del pH.<sup>1</sup></p>	<p>Generalmente emitidos como partículas las cuales se depositan por efecto de gravedad. Se puede transformar en carbonato, el cual junto con los óxidos, son los más abundantes en la atmósfera.</p>
<b>Cromato de plomo*</b>	<p>Es soluble en medios ácidos y puede transportarse a través del suelo mediante lixiviados o corrientes de agua.</p>	<p>En las aguas superficiales puede presentarse en forma de partículas y formar sedimentos.</p>	<p>Bajo condiciones normales, el Cr (III) no reacciona en la atmósfera. La deposición anual total del cromo en áreas urbanas puede variar de 0.12 µg/m<sup>3</sup> a 3 µg/m<sup>3</sup>.</p>
<b>Arseniato de plomo</b>	<p>Tiene presencia en el suelo por la aplicación de plaguicidas. Es un compuesto muy persistente y su remoción se logra mediante lavados</p> <p>El transporte de este compuesto en el medio ambiente se encuentra ampliamente controlado por procesos de absorción y desorción en suelo y sedimentos.</p>	<p>ND</p>	<p>ND</p>
<b>Carbonato de plomo</b>	<p>No se lixivia al suelo por su baja solubilidad.</p>	<p>Su concentración en el medio acuático está limitada por su baja solubilidad, el resto forma complejos con la materia orgánica.</p>	<p>Forma partículas que se depositan en plantas y en el agua.</p>
<b>Sulfato de plomo</b>	<p>La lixiviación no es importante bajo condiciones normales. Es absorbido por algunas plantas.</p>	<p>El sulfato de plomo liberado en agua se precipita en su mayoría debido a su baja solubilidad.</p>	<p>Es la principal forma de plomo en el aire y se presenta como partículas sujetas a deposición gravitacional.</p>
<b>Antimoniato de plomo</b>	<p>ND</p>	<p>ND</p>	<p>ND</p>



<b>Sulfuro de plomo*</b>	No lixivia debido a su relativa insolubilidad. Cuando se humedece forma la anglesita y la cerrusita.	Al entrar en el medio acuático, la mayor parte se asienta por su baja solubilidad y una parte mínima se disuelve.	Se emite a la atmósfera en forma de partículas que posteriormente se depositan por la acción de la gravedad. Puede transformarse en la atmósfera en carbonato y óxido.
<b>Acetato de plomo</b>	ND	ND	ND
<b>Tetraetilo de plomo</b>	Se espera que tenga poca movilidad en los suelos	El tetraetilo de plomo al ser liberado en aguas se adsorbe a los sólidos suspendidos y otra parte se volatiliza.	Al ser liberado a la atmósfera, se degrada por la reacción con radicales hidroxilo producidos fotoquímicamente. La vida media para esta reacción es de 6.3 horas.

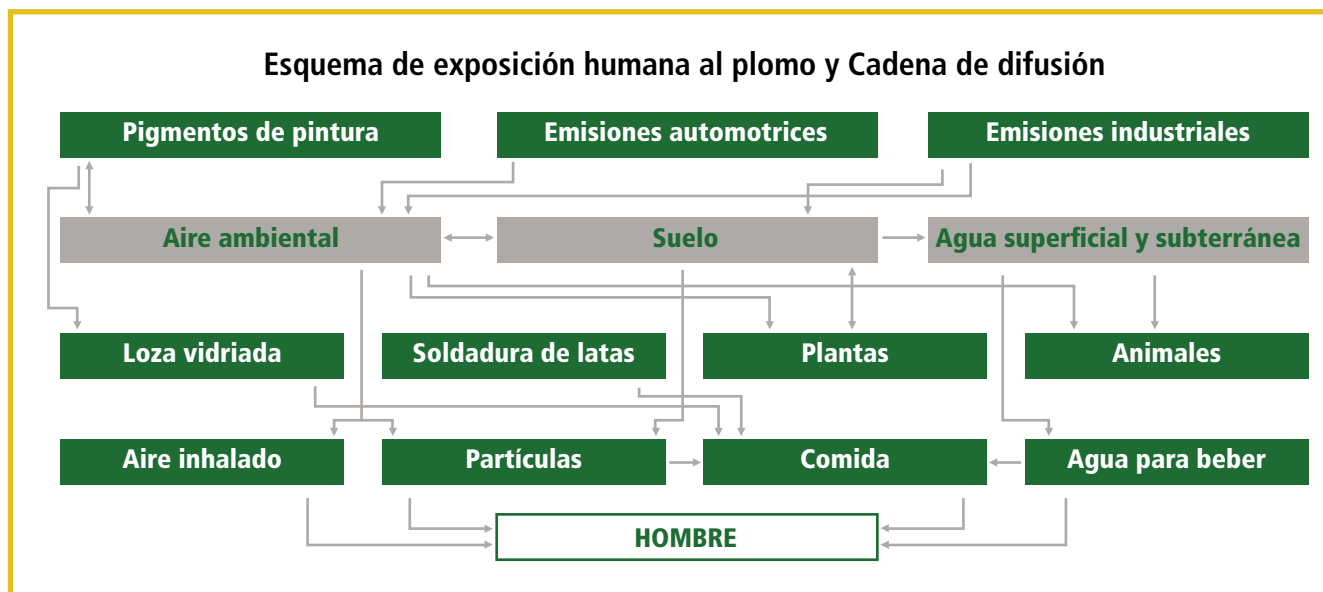
<sup>1</sup> Long DT, Angino EE; Geochim Cosmochim Acta 41: 1183-91 (1977)

\* En el caso del cromato de plomo, la información está enfocada hacia el cromo y no hacia el plomo

ND No se encontró información

**c. Punto de exposición.** Es el lugar donde la población entra en contacto con los contaminantes, (por ejemplo el agua de un pozo)

**d. Vía de exposición.** Se refiere a la forma en la que ingresa al cuerpo humano (inhalación, ingesta o absorción dérmica).



Específicamente para los trabajadores de las empresas que utilizan o producen plomo o sus compuestos, la principal fuente de estos se encuentra de manera inherente en su área de trabajo. La forma en la que se exponen los trabajadores puede variar de acuerdo a la presentación física: en forma de polvos o gases en los procesos minero-metalúrgicos; en forma de gases tóxicos al fabricar pinturas, barnices o durante procesos de refinación; por contacto directo al momento de transportar el material cuando el manejo no es el correcto o cuando no se cuenta con el equipo de protección adecuado; cuando el contacto es directo como en el caso de la alfarería; y finalmente, cuando las medidas de seguridad no son las adecuadas y se presentan derrames de compuestos de plomo.

Las principales vías de exposición ocupacional al plomo son la inhalación y la exposición oral (ingestión). La población en general, incluyendo los niños, están expuestos principalmente a través de la vía oral (ingestión), pudiendo darse el caso de exposición por inhalación, aunque es menos frecuente.

En el Anexo 3 se presenta una recopilación de las principales vías de exposición de los trabajadores, para cada uno de los compuestos incluidos en este compendio.

**e. Población receptora.** Son las personas expuestas a los contaminantes del plomo y sus compuestos (la comunidad de una fundidora o de una fábrica de pinturas).

### III. Contaminación ambiental

En esta etapa se deberá estudiar la presencia del plomo en todas las posibles rutas, que hayan sido registradas dentro o

fuera del sitio, para lo que se deben llevar a cabo muestreos y análisis de laboratorio.

**a. Muestreo.** Realizar pruebas bajo estrictas normas de calidad para cuerpos de agua, aire, polvo residencial, alimentos, etc.

**b. Análisis de laboratorio para los contaminantes.** Para el caso del plomo el método más utilizado es la espectrofotometría de absorción atómica, seguida por la espectrometría de emisión de plasma. La información obtenida deberá contener los siguientes datos:

- Fecha de muestreo
- Diseño y representatividad
- Localización de los puntos
- Contaminante
- Componente ambiental
- Valores promedio
- Concentraciones mínimas y máximas
- Método de laboratorio utilizado
- Programa de control de calidad empleado en el estudio

Algunos de los elementos que se deben considerar en el caso de la contaminación por plomo son los siguientes:

- Solubilidad en agua de los compuestos de plomo
- Tamaño de partículas suspendidas
- Interacción del plomo en el suelo
- Cadena alimenticia
- Factores del sitio que podrían influir en el destino y transporte del plomo

**c. Valores de referencia.** Es conveniente contar con parámetros de referencia para establecer la contaminación.

## Valores de referencia registrados en los puntos de exposición

Medio ambiente	Aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Agua ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	Suelo ( $\text{mg}/\text{kg}$ )	Polvo ( $\text{mg}/\text{kg}$ )
Valores de referencia	1.0 <sup>1</sup>	10.0 <sup>2</sup>	250 <sup>3</sup>	basal <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Recomendación de la OMS para plomo en aire (promedio anual) (OMS, 1987)

<sup>2</sup> Recomendación de la OMS para plomo en agua (OMS, 1995).

<sup>3</sup> Recomendación para plomo en suelo en áreas de recreación infantil (Madhavan et. al., 1989).

<sup>4</sup> Al no existir valores de referencia es recomendable emplear el nivel basal del área, para lo cual se coleccionará la muestra de polvo en alguna vivienda fuera del área contaminada.

### 1.5.2 Fase Biológica.

Esta etapa comprende la evaluación de biomarcadores de exposición y nutricionales y la caracterización del riesgo para la salud, mediante un organismo prueba.

I. **Biomarcadores de exposición.** Es uno de los parámetros para la caracterización de riesgo en la determinación de los niveles de plomo en sangre, asimismo sirve para tener una idea del factor de biodisponibilidad (no es raro que en algunos sitios, como los mineros, las muestras ambientales presenten altas concentraciones de plomo, en tanto los niveles sanguíneos de plomo en los niños sean bajos, esto se debe a la baja biodisponibilidad de plomo en las muestras ambientales).

La biodisponibilidad es la propiedad de una sustancia para interactuar con el sistema biológico. Es sistémica y depende de la reactividad física y/o química de la sustancia que le confiere las características para ser absorbida a través del tracto gastrointestinal, de las vías respiratorias o de la piel. Esta, puede estar localmente disponible en todas la vías.

La adsorción del plomo depende de un gran número de factores entre los cuales son de particular importancia la vía de exposición, las características del medio ingerido (tamaño de la partícula, mineralogía, solubilidad, especie química), la edad y las condiciones fisiológicas, así como la dieta, nutrición y peso del individuo expuesto. Las principales rutas de absorción son la ingestión (tracto gastrointestinal) y la inhalación (tracto respiratorio).

Aunque existen datos limitados al respecto, se ha observado que los niños presentan una capacidad más alta de absorción de plomo que los adultos. A través de algunas investigaciones se ha estimado que los adultos adsorben del 5 al 15 % del plomo ingerido, pero generalmente retienen menos del 5% y otras reportan rangos de adsorción en adultos de 10% cuando la ingestión se realiza acompañada de alimentos, de un 60-80% en condiciones de ayuno (Toxicological Profile for Lead, Research Triangle Institute, 1999). Un estudio demostró una adsorción neta promedio de 41.5% y 31.8% de retención en infantes con dietas normales.

En los niños, la adsorción del plomo es afectada de acuerdo a los niveles de hierro que presenten. En estudios realizados se

observó que los niños con deficiencia de hierro presentaban niveles más altos de plomo en sangre que los que contaban con un estado nutricional con los niveles de hierro recomendados. Asimismo, también se cree que los niveles de calcio afectan la adsorción de plomo, tanto en niños como en adultos (Toxicological Profile for Lead, Research Triangle Institute, 1999).

De igual forma, se ha identificado que la adsorción del plomo puede incrementarse durante el embarazo, especialmente durante la segunda mitad del periodo.

Tabla 4. **Biodisponibilidad de compuestos de plomo**

Compuesto	Factores de adsorción
Carbonato de plomo	1.64
Acetato de plomo	1.00
Sulfuro de plomo	0.67
Naftenato de plomo	0.64
Octoato de plomo	0.62
Cromato de plomo	0.44
Plomo	1.44

El acetato de plomo es considerado como la unidad.

II. **Biomarcadores nutricionales.** En el caso de los biomarcadores nutricionales, se encuentran muy relacionados con la adsorción de plomo. Algunos estudios han mostrado una correlación inversa entre los niveles de plomo y los niveles de micronutrientes como el hierro y el calcio.

III. **Caracterización del riesgo en salud.** Esta metodología se basa en la estimación de riesgo desarrollada en los Estados Unidos y consiste de cuatro etapas iniciales:

1. **Identificación del contaminante.** En esta etapa se resume la información sobre el plomo presente en el sitio contaminado. Cuáles son las rutas de exposición encontradas en el sitio, cuáles son los hábitos de la población que incrementan la exposición al plomo, están presentes otros contaminantes, cuál es la frecuencia y duración de la exposición al plomo, cuál es la población en riesgo, etc.

2. **Análisis dosis-respuesta.** Aquí se consideran las relaciones entre los niveles de plomo en sangre y los efectos descritos para la población infantil y adulta.

Tabla 5. Toxicidad asociada al plomo; relación con niveles de Pb en sangre

Respuesta en niños	Nivel de Pb en sangre (µg/dL)	Respuesta en adultos
	150	
Muerte		
	100	Encefalopatía
Encefalopatía		
Nefropatía		Anemia
Anemia		
Cólico		Longevidad disminuida
	50	Disminución en la síntesis de hemoglobina
Disminución en la síntesis de hemoglobina	40	Baja fertilidad (hombre) nefropatía
Disminución en el metabolismo, disminución de vitamina D	30	Hipertensión arterial capacidad auditiva
Baja velocidad conducción nerviosa	20	
Baja protoporfirina entrocitaria		
Bajo coeficiente intelectual (IQ)	10	Hipertensión arterial (?)
Baja capacidad auditiva		Abortos espontáneos (?)
Baja estatura		

Tabla adaptada de ATSDR, Case Studies in Environmental Medicine No. 1 (ATSDR, 1990).

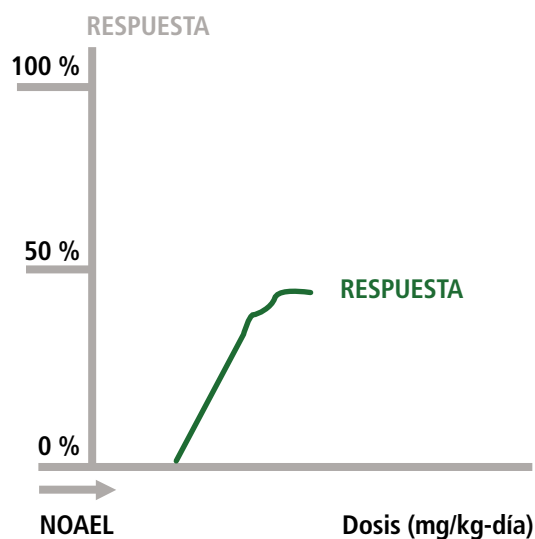
El propósito de las pruebas toxicológicas es caracterizar los efectos potenciales adversos de una sustancia en humanos a través del empleo de organismos prueba y sistemas "in-vitro".

Como parte de las pruebas toxicológicas, se encuentran las pruebas agudas, cuyo objetivo es definir la toxicidad de una sustancia, evaluar las especies susceptibles, proveer información para el diseño y selección de los niveles de dosis para estudios más prolongados. Otros tipos de pruebas son las crónicas y subcrónicas, toxicidad del desarrollo y toxicidad reproductiva.

En el caso de las sustancias no cancerígenas, se determina la dosis de referencia (DRf, es el parámetro o valor referido de toxicidad que se utiliza para evaluar los efectos cancerígenos o no cancerígenos potenciales en el ser humano que resulten expuestos a un compuesto químico), tomando como punto de partida la dosis que no produce efectos adversos observables (NOAEL por sus siglas en inglés) y se establece un margen de seguridad dividiendo esta dosis entre factores de 10, según sean los grados

de incertidumbre y los factores de ponderación derivados de las limitaciones al realizar las pruebas de laboratorio para determinar su peligrosidad.

Nivel de efectos adversos no observables



### 3. Estimación de la exposición

Este parámetro está dado por la cuantificación de los niveles de plomo en sangre periférica. Es importante que la población evaluada sea la de mayor riesgo, es decir, la que esté relacionada con los puntos de exposición en las rutas previamente identificadas como las más importantes en el sitio.

### 4. Definición de riesgo

La definición consiste de cuatro elementos:

#### a) Gravedad del efecto en la salud

La severidad del efecto puede clasificarse como catastrófico, serio o adverso. El efecto catastrófico es aquel que pone en riesgo la vida (por ejemplo encefalopatía). El efecto serio es aquel que sin poner en riesgo la vida, si causa un problema de salud (por ejemplo hipertensión, neuropatía, etc.). El efecto adverso es aquel que no puede definirse directamente como una enfermedad pero si como una alteración cuya trascendencia patológica es difícil de precisar en el momento (por ejemplo, bajo peso al nacer, etc.)

#### b) Nivel de plomo en sangre

En relación con los niveles de plomo en sangre, podemos identificar a la población infantil en tres categorías: con niveles menores a 10 µg/dl, los niños serán considerados como de bajo riesgo, con niveles entre 12 y 20 µg/dl con riesgo importante, con niveles mayores de 20 µg/dl de alto riesgo y se debe hacer de inmediato una evaluación médica. La razón de seleccionar 12 µg/dl como el límite inferior de la categoría de riesgo importante se debe a que el método para la detección de plomo tiene variaciones y por consiguiente, con un individuo de 12 µg/dl se puede certificar que si tiene niveles superiores a 10 µg/dl.

#### c) Tamaño de la población expuesta

En cuanto al tamaño de la población en el sitio, por supuesto

que un mayor tamaño representa una mayor probabilidad de encontrar población con altos niveles de plomo.

#### d) Presencia de factores asociados

Otros factores a considerar en la estimación del riesgo son los nutricionales, la deficiencia de micronutrientes favorece la absorción del plomo y la presencia de tóxicos como el cadmio o el arsénico podrían aumentar su toxicidad asociados con el plomo.

### 1.5.3 Fase concluyente

Esta es la última etapa del proceso de evaluación de riesgo en la que se deben exponer las conclusiones finales y recomendaciones.

I) **Conclusiones generales.** Se debe presentar un informe o reporte sobre el nivel de riesgo asociado a la exposición al plomo, con la finalidad de definir las acciones y medidas que se aplicaran en el manejo de riesgo con base en los resultados obtenidos de la evaluación de las rutas de exposición, resultados de los análisis ambientales y muestreos, de la visita al sitio, de los niveles de plomo en sangre de la población de influencia, de los posibles efectos en la salud y de las respuestas e inquietudes de la comunidad.

II) **Recomendaciones.** Con base en los resultados obtenidos y expuestos en las conclusiones, se deberán sugerir las acciones y medidas a implementar para prevenir, reducir o terminar con la fuente de exposición o emisión, caracterizar el área de estudio, sugerir las medidas a adoptar para los problemas de salud identificados y la restauración ambiental del área, entre otras. Cada una de las acciones o medidas recomendadas deberán ser programadas en tiempo para dar a conocer su prioridad y duración, en tres áreas: educación ambiental, estudios de salud e investigación científica.

III) **Comunicación del riesgo.** Esta etapa es una de las más importantes, ya que se deben dar a conocer los resultados obtenidos de la evaluación de riesgo y las acciones de remediación que se llevaran a cabo.

## 2. IMPACTO AMBIENTAL

---

En la década de los setentas, cuando las afectaciones al medio ambiente comenzaron a tomar dimensiones globales con la aparición de la lluvia ácida, el "efecto invernadero" y el adelgazamiento de la capa de ozono, entre otros, surgió el concepto de desarrollo sustentable, el cual tiene como fin, el desarrollo socioeconómico para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras. Esto trajo diversas consecuencias, una de las principales fue la necesidad de poder evaluar el impacto que han tenido sobre el ambiente las actividades antropogénicas.

Siempre que existan acciones o actividades que produzcan modificaciones en el entorno, se produce un impacto ambiental, y éste, no necesariamente es negativo. La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) tiene la finalidad de identificar, predecir, interpretar, prevenir y comunicar los efectos de una actividad proyectada. Es una herramienta que debiera tener un enfoque preventivo sobre nuevos proyectos y proporcionar apoyo en la toma de decisiones respecto a su aceptación, rechazo o adecuación.

Los primeros antecedentes de lo que actualmente se considera la Evaluación de Impacto Ambiental se remontan a los años 70's, en Estados Unidos, con la promulgación de

la [National Environmental Policy Act \(NEPA\)](#). En los métodos tradicionales de evaluación de proyectos no se consideraban los aspectos ambientales, sociales y económicos, sin embargo, al desarrollarse nuevas metodologías se incorporaron estos conceptos favoreciendo así el proceso de toma de decisiones. De entonces a la fecha, cada país ha desarrollado su propia legislación en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, teniendo su mayor expansión de 1985 a 1990.

Por impacto ambiental se entiende a la alteración o modificación que una acción o actividad produce sobre el medio ambiente o sobre alguno de sus componentes. En una Evaluación de Impacto Ambiental se deben caracterizar, de la forma más completa posible, todos y cada uno de los impactos ambientales derivados de una obra o proyecto. Estos efectos son de magnitud variable en función de diversos criterios, la tabla 6 muestra algunas de las principales clasificaciones de impactos ambientales.

Cabe mencionar que mientras la EIA se enfoca a nivel de proyecto, nuevas metodologías tales como la Evaluación Ambiental Estratégica y/o la Evaluación de Sustentabilidad Estratégica se concentran en las políticas, planes y programas. Éstas metodologías se emplean principalmente en países europeos.

Tabla 6. Clasificaciones y tipos de impactos

Clasificación	Tipo de impacto	Descripción
Signo o cualidad	Positivo, Negativo	<b>Positivo:</b> las alteraciones sobre el medio son favorables. <b>Negativo:</b> las alteraciones sobre el medio son desfavorables.
Relación Causa-Efecto	Directo, Indirecto	<b>Directo:</b> efecto en el ambiente biofísico o socioeconómico que se origina del proyecto. <b>Indirecto:</b> efectos que se originan del impacto directo por la interdependencia de los sistemas biológicos, sociales y económicos.
Intensidad (grado de afectación)	Notable, Mínimo, Medio	<b>Notable o Muy Alto:</b> el que presenta una destrucción casi total del factor considerado. <b>Mínimo o Bajo:</b> se presenta destrucción mínima del factor considerado. <b>Medio y Alto:</b> su efecto se expresa como alteración del ambiente y sus repercusiones se sitúan entre los niveles anteriores.
Interrelación de acciones y efectos	Acumulativo, Simple, Sinérgico	<b>Acumulativo:</b> aquel que al acumularse la acción del agente que lo induce, se incrementa su gravedad. <b>Simple:</b> se manifiesta en un solo componente ambiental o su modo de acción es individual. <b>Sinérgico:</b> efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes o acciones, lo que ocasiona un efecto mayor que si se sumaran los efectos individuales de cada agente por separado.
Momento	Corto, Mediano, Largo Plazo	<b>Corto:</b> los efectos se manifiestan en el lapso de un año, a partir del inicio de la actividad que lo provoca. <b>Mediano:</b> los efectos se manifiestan antes de un periodo de cinco años, a partir del inicio de la actividad que lo provoca. <b>Largo Plazo:</b> los efectos se manifiestan después de un periodo mayor de cinco años, a partir del inicio de la actividad que lo provoca.
Persistencia o duración	Temporal, Permanente	<b>Temporal:</b> la duración del impacto es temporal. <b>Permanente:</b> si la persistencia del impacto es indefinida en el tiempo.
Extensión	Local, Extensivo	<b>Local:</b> efecto puntual. <b>Extensivo:</b> el efecto se detecta en gran parte del medio que se estudia.
Capacidad de recuperación	Reversible, Irreversible	<b>Reversible:</b> cuando los efectos pueden ser mitigados de tal forma que se pueden reestablecer las condiciones previas a la acción. <b>Irreversible:</b> cuando no se reestablecen las condiciones originales.

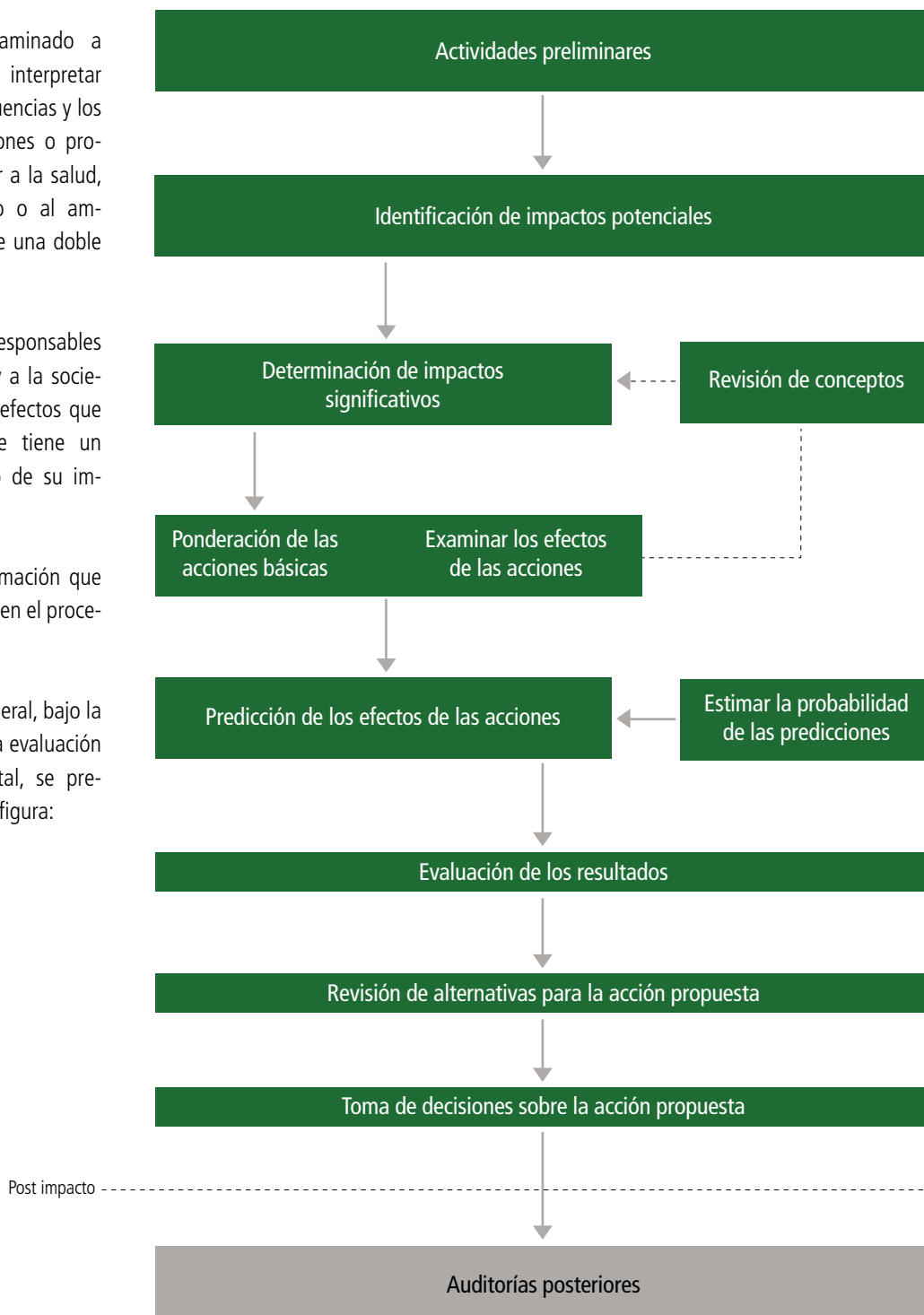
## 2.1 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Es un estudio encaminado a identificar, predecir, interpretar y prevenir las consecuencias y los efectos que las acciones o proyectos pueden causar a la salud, al bienestar humano o al ambiente. Una EIA, tiene una doble finalidad.

- Concienciar a los responsables de las decisiones y a la sociedad acerca de los efectos que sobre el ambiente tiene un proyecto así como de su importancia.
- Proporcionar información que se puede ponderar en el proceso de decisión.

Una metodología general, bajo la cual se lleva a cabo la evaluación del impacto ambiental, se presenta en la siguiente figura:

Figura 2.1. Etapas de una evaluación de impacto ambiental





A continuación describiremos brevemente cada una de estas etapas básicas, sin embargo, en una evaluación de impacto ambiental y en función de su naturaleza, pudieran requerirse etapas o pasos adicionales no descritos aquí.

### 2.1.1 Actividades preliminares

Esta etapa varía mucho de una evaluación a otra, pero en general podemos considerar lo siguiente:

**a. Descripción del proyecto y sus acciones.** Análisis de la actividad u obra para identificar los posibles impactos derivados de su operación. La evaluación del proyecto debe incluir todas las fases de su desarrollo: diseño, obra y construcción, operación y desmantelamiento o abandono. La información para este punto incluye:

- Descripción general de la actividad
- Localización
- Relación de las acciones susceptibles de producir impactos ambientales significativos
- Descripción de materiales a utilizar, maquinaria, equipos, suelo a ocupar y recursos naturales que se verán afectados
- Descripción de tipos, cantidades y composición de los residuos.
- Descripción de otras alteraciones (olores, ruidos, etc.)

**b. Descripción actual de las condiciones ambientales.** Esta descripción tiene la finalidad de conocer la capacidad del medio para la aceptación del proyecto bajo evaluación. Con ésta, se dispone además de una visión general de las condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas del entorno de ubicación del proyecto, lo cual permite integrar una base comparativa para detectar, identificar y valorar, los impactos significativos para el medio ambiente. En la descripción se incluye:

- Medio físico: uso del suelo, topografía, fisiografía, geología, hidrología, meteorología, factores climáticos.
- Medio biológico: vegetación y fauna, ecosistemas.
- Medio socioeconómico: Aspectos demográficos; tasas de nacimiento, mortalidad, migración, crecimiento, fecundidad, educación, salud, vivienda, etc. Aspectos económicos como tipo de economía; ingresos, índices de industrialización, actividades primarias, secundarias y terciarias, etc. Aspectos sociales como etnias o lenguas indígenas, servicios, equipa-

miento urbano, centros de salud, centros educativos, vivienda, migración, etc.

### 2.1.2 Identificación de impactos potenciales

En esta fase, se compara la información de las acciones derivadas del proyecto identificadas como causantes potenciales de impactos ambientales con los elementos ambientales susceptibles de ser impactados.

Para realizar esta identificación, existen diversos métodos, los más conocidos son las listas de control o "check list". Estas listas ayudan a visualizar el conjunto de efectos de manera sistemática. Las listas de control pueden ser específicas (para proyectos concretos), o listas de carácter más general.

Una vez identificados los impactos, se debe hacer una descripción de cada uno por separado.

### 2.1.3 Determinación de los impactos significativos

Se hará una evaluación y valoración de los impactos, ponderándolos para conocer su importancia relativa y llegar además a predecir los efectos de las acciones. Esta es una de las fases más complicadas del proceso, puesto que generalmente se cuenta con poca información y con escasos datos reales.

Las metodologías para apoyar el desarrollo de esta etapa, se pueden clasificar en cualitativas y cuantitativas. La más adecuada deberá ser seleccionada por el evaluador en función de la información de la que se disponga.

**a. Metodologías cualitativas.** Son las más sencillas, y pueden utilizarse matrices. En la forma más simple, estas matrices cualitativas solo identifican impactos, pero pueden hacerse más detalladas incorporando un sistema de caracterización.

**b. Metodologías cuantitativas.** Se utilizan comúnmente matrices cuantitativas y las más utilizadas son las matrices causa-efecto, tipo matriz de Leopold. Esta matriz es una tabla de doble entrada en la que por un lado se colocan los factores ambientales susceptibles de alteración por el proyecto y por el otro, las acciones ambientales derivadas del mismo.

#### **2.1.4 Evaluación de resultados**

En esta etapa se emite un dictamen general sobre la repercusión ambiental del proyecto, con base en los resultados de la etapa anterior.

#### **2.1.5 Revisión de alternativas para la acción propuesta**

Puede presentarse el caso de que la evaluación del impacto ambiental se realice paralelamente para varias alternativas, de manera que la fase de evaluación permite establecer una comparación. De esta manera, se tiene la ventaja de poder seleccionar la alternativa más adecuada.

#### **2.1.6 Toma de decisiones sobre la acción propuesta**

De la evaluación de los resultados se desprende una serie de acciones preventivas o correctivas que se deben incorporar al proyecto. En esta etapa, se establecen medidas y acciones con la finalidad de anular o mitigar los impactos negativos y de re-

saltar los positivos. Si se diera el caso de que una acción dentro del proyecto presente un impacto negativo que sobrepase los límites permitidos, deberán tomarse acciones correctivas que lo reduzcan, y de no ser posible esto, se deberá recomendar la anulación o sustitución de dicha acción.

#### **2.1.7 Determinación de los impactos significativos**

Las auditorías posteriores al proyecto, son una herramienta de vigilancia y control para detectar impactos imprevistos. Por la diversidad de impactos que se pueden evaluar, en el proceso intervienen profesionistas de diversas disciplinas en ciencias naturales y sociales.

En México, la SEMARNAT de acuerdo con el proyecto, acepta diversas modalidades de una evaluación de impacto ambiental: Informe preventivo, Manifestación de Impacto Ambiental (particular o regional) y Diagnóstico de Afectaciones Ambientales.

En este capítulo revisaremos la descripción de los cuatro procesos revisados en este compendio:

### 3.1 Inspección a procesos y tecnologías

Para obtener información sobre el manejo del plomo y sus compuestos en la industria de bienes de capital y de transformación, se llevaron a cabo visitas técnicas para revisar procesos en diferentes empresas en la República Mexicana, de los siguientes giros:

- Fabricación de acumuladores automotrices
- Fabricación de bronce
- Fabricación de productos comercializables en ferreterías y tiendas de metales
- Fabricación de piezas para motores

La información se presentará de acuerdo a cada giro visitado, iniciando con una descripción del proceso y los puntos principales de emisión de plomo y sus compuestos al medio ambiente.

#### 3.1.1 Fabricación de Acumuladores Automotrices

Un acumulador ácido-plomo consiste de un número de celdas en un contenedor, las cuales contienen placas o electrodos positivos ( $PbO_2$ ) o negativos (Pb), separados para almacenar el "apartado de placas", y electrolito de ácido sulfúrico. El sistema electrolítico es altamente reversible y puede descargarse y cargarse repetidamente antes de que algún tipo de incidente cause que el ciclo de carga no sea práctico.

Existen numerosos tipos de acumuladores, aunque el que generalmente se usa es el de ácido-plomo. Esta batería se en-

cuentra disponible en varios tamaños y capacidades y el peso puede variar desde 100 gr. hasta en varias toneladas. Las 3 principales categorías son:

**Automotrices.** Encendido, luces e ignición para el funcionamiento de los motores de combustión interna.

**Industrial.** Aplicaciones de resistencia pesada.

**Consumidores.** Sistemas de iluminación de emergencia, alarmas de seguridad, y pequeños sistemas de arranque.

#### a. Componentes

Los componentes de un acumulador ácido-plomo son:

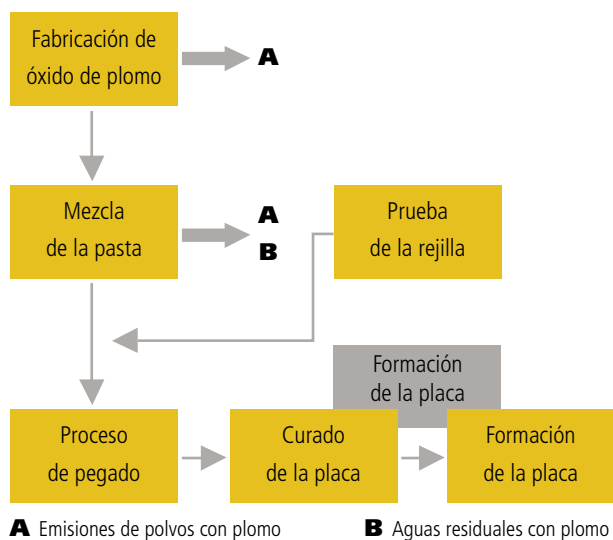
- contenedor** (cubierta y tapa);
- celdas:** placas; positiva, dióxido de plomo ( $PbO_2$ ) sobre la rejilla de plomo; negativa, plomo (Pb) sobre la rejilla de plomo y separadores
- solución de ácido sulfúrico** ( $H_2SO_4$ ).

**Contenedor.** El material utilizado para fabricar los contenedores depende de la aplicación, y en este caso, para acumuladores automotrices se utiliza comúnmente polipropileno y plásticos vulcanizados. En general, todos los hules y plásticos de los contenedores deben ser moldeados.

Las características físicas requeridas por el contenedor son: resistencia a la solución de ácido sulfúrico y a los componentes del acumulador, no poroso, no reactivo y con resistencia extrema al calor y al frío, así como a golpes y vibraciones.

**Placas.** El diagrama de flujo de la Figura 3.1 presenta la fabricación de este componente.

Figura 3.1. **Diagrama de fabricación de las Placas**



**Rejilla.** La rejilla de aleación de plomo es un marco mecánico o soporte para el material activo ( $PbO_2$  o  $Pb$ ) de las placas y conductor de la corriente desde éstas hasta los materiales activos. La distribución de la corriente debe ser uniforme a través de la masa de material activo, ya que de otra manera, el material activo se endurecería en forma irregular y el resultado sería una utilidad deficiente y la reducción de la vida de la placa.

La rejilla debe poseer suficiente dureza para prevenir el daño o la distorsión durante la prueba y pegado de la placa y las operaciones de fabricación del acumulador; además, debe ser resistente a la corrosión, ya que puede existir una interrupción de la corriente.

**Material de la rejilla.** La aleación de plomo conteniendo antimonio (2-12% peso) ha encontrado una amplia aceptación como material de rejilla. El antimonio retarda el aumento de la rejilla positiva y la corrosión y migra de la aleación de la rejilla positiva dentro de la pasta positiva ( $PbO_2$ ) y altera la morfología de la pasta. El resultado es un incremento en las características del ciclo de adhesión de la pasta, prolongando de este modo, el período de vida del acumulador. La selección apropiada de la aleación de plomo depende de la aplicación y uso del acumulador de ácido-plomo.

**Fabricación del óxido de plomo.** Los materiales activos para las placas positivas ( $PbO_2$ ) y negativas ( $Pb$ ) son preparados a partir de

óxidos de plomo en combinación con plomo metálico finamente dividido. El óxido de plomo ( $PbO$ ) usado en placas de acumuladores existe en dos formas cristalinas, la forma ortorrómbica amarilla y en forma tetragonal roja. El óxido rojo ( $Pb_3O_4$ ) en algunas ocasiones se utiliza en la fabricación de acumuladores, pero su uso está disminuyendo. El último material activo de la placa positiva, dióxido de plomo ( $PbO_2$ ), nunca se adhiere directamente sobre la rejilla de la placa, debido a que la fabricación de la placa en esta forma vertería su material activo después de que la placa se haya secado o después de pocos ciclos del acumulador.

**Pasta.** La placa positiva ( $PbO_2$ ) se forma a partir del óxido de plomo ( $PbO$ ), el cual se mezcla en algunos casos con 20% en peso de plomo rojo ( $Pb_3O_4$ ) (para lograr el paso de formación), ácido sulfúrico (40 - 42% en peso), fibras (para facilitar el manejo del plato después de la etapa de pegado), y agua hasta que la pasta tenga la consistencia apropiada para la aplicación a la rejilla

**Separadores.** Para prevenir el contacto de la placa positiva y negativa, se sitúa un separador entre ellos. Estos separadores son usualmente en forma de hojas y se fabrican comúnmente de materiales como papel, plástico o vidrio. Como el ácido sulfúrico debe permear a través del separador, éste debe ser de consistencia porosa.

**Ácido Sulfúrico.** La solución de ácido sulfúrico debe elaborarse con un enfriamiento adecuado, ya que el proceso de dilución es altamente exotérmico. Cada fabricante selecciona una concentración específica de ácido sulfúrico que cumpla con el requisito del rendimiento del acumulador y de la corrosión de las rejillas de plomo.

#### b. Ensamble de los acumuladores ácido - plomo

Después de la elaboración, las placas secas se ensamblan dentro de las celdas. Las celdas individuales consisten de varias placas positivas y de placas negativas con separadores intercalados entre las placas. Entre más placas sean conectadas en paralelo, mayor es la capacidad de la celda; es común que cada celda (constituida usualmente de varias placas) se conecte en serie con la siguiente para incrementar el voltaje total del acumulador.

#### c. Prueba de los acumuladores

Al término del ensamble de los acumuladores, éstos se prueban en cuanto a voltaje, capacidad, aceptación de velocidad de carga,

ciclo de vida, almacenamiento, sobrecarga, temperatura normal de operación, golpes y vibraciones. En The Battery Council International (BCI) y The Society of Automotive Engineers (SAE) se pueden encontrar procedimientos detallados de estas pruebas automotrices. Después de finalizar las pruebas, se desarma y se examina de forma minuciosa por medios químicos, físicos y metalúrgicos para obtener un conocimiento adicional del diseño del acumulador y métodos de rendimiento y fabricación.

### 3.1.2 Fabricación de Bronce

Para la elaboración de lingotes de bronce, en este proceso se utilizan como materia prima lingotes de plomo y chatarra.

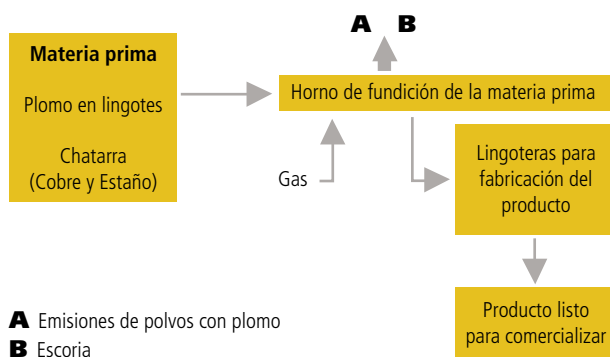
Existen muchos tipos de bronce, formados por diversas combinaciones de cobre y otros metales, entre ellos el plomo, pero el cobre y el estaño son los elementos originales para la fabricación del bronce. Los colores del bronce varían desde el rojo hasta el amarillo. Entre los numerosos productos en que se utiliza este producto se encuentra la fabricación de barras.

#### a. Descripción del proceso

A continuación se describe de forma general las etapas del proceso que se ilustra en la Figura 3.2:

1. Alimentación de las materias primas al equipo de fundición.
2. La materia prima se funde en el equipo (crisoles o equipos de inducción electromagnética)
3. Descarga del material hacia el recipiente de transporte.
4. Vaciado del producto a las lingoteras.
5. Enfriamiento del producto para su comercialización.

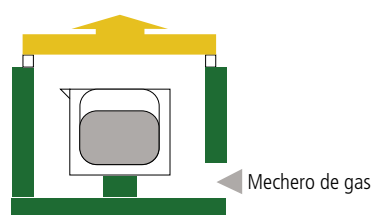
Figura 3.2. Diagrama de fabricación de bronce



**Hornos de fundición de materia prima tipo crisol.** La mayoría de las operaciones de fundición y colado se efectúan al aire, con o sin cubiertas protectoras parciales; pero es necesario tener vacío o una atmósfera de fusión formada de gas noble, si se desea una contaminación mínima. Tales técnicas refinadas se requieren para fundir metales comunes como cobre, hierro o níquel. Excepto por el procedimiento de aleación que se efectúa, no hay diferencia esencial en el manejo de un metal puro o una aleación.

La fundición en horno de gas tiene la ventaja de que es rápida y requiere un equipo muy barato para el trabajo en pequeña escala. Una desventaja de los hornos de gas, donde el crisol está expuesto a los productos de combustión, es la absorción de gases indeseables, tales como el hidrógeno, por el metal que se está fundiendo. También se debe tomar la precaución de ventilar el horno de manera que se remuevan los productos de combustión y salgan del área de trabajo. Aunque bajo condiciones especiales, como el utilizar aire enriquecido con oxígeno, son posibles en un horno de gas con temperaturas cercanas a 2000 °C, no siendo alcanzables tales temperaturas con una mezcla simple de gas-aire. El límite superior en la práctica para un horno simple es de 1200 °C. En la Figura 3.3 se muestra un esquema de un horno de crisol de gas típico.

Figura 3.3. Horno de crisol de gas



### 3.1.3 Fabricación de Productos Comercializables a Ferreterías y Tiendas de Metales

Este tipo de empresas generan productos como soldaduras, alambres, polvos y diferentes aleaciones de estaño, antimonio y plomo, conocidas comercialmente como **babbitt**.

Un metal **babbitt** es una aleación blanda que se utiliza a menudo para cojinetes y tienen usualmente como base el estaño o el plomo. Los **babbitts** de estaño son adiciones de antimonio, plomo y un pe-

queño porcentaje de cobre, son las de mayor grado y, por lo general, son las más caras. Los **babbitts** de plomo contienen hasta un 75% de plomo, además de antimonio, estaño y algo de arsénico. El punto de fusión del metal **babbitt** es de alrededor de 480°F (249 °C), esta aleación se utiliza para antifriccionantes de alta calidad.

La tabla 7 presenta la composición para algunos tipos de estas aleaciones y sus usos.

Tabla 7. Tipos de aleación **babbitt** y uso

Aleación <b>babbitt</b> base plomo	Composición nominal, %				Usos típicos
	Pb	Sb	Sn	Otros	
SAE 13	85	5	10	...	Cargas ligeras, cojinetes de unión para carros
SAE 14	75	10	15	...	Cargas moderadas: sopladores, bombas
SAE 15	83	1	15	1 As	Cargas pesadas, cojinetes para motores de diesel
G	83.5	0.75	12.75	3 As	Cojinete para temperatura elevada, camiones

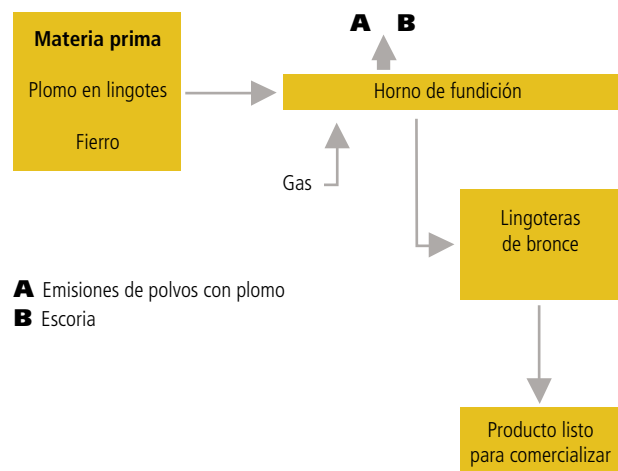
Fuente: Avner, Sydney H; *Introducción a la Metalurgia Física*, Editorial McGraw Hill; Año 1979; págs. 513 -521

El plomo se une con estaño para producir diversas soldaduras suaves que contienen mayor resistencia que las soldaduras con base de plomo. Las soldaduras de estaño que contienen 5% de antimonio o 5% de plata se prefieren para equipo eléctrico, porque tienen mayor conductividad eléctrica que aquellas con alto contenido de plomo. Las materias primas que se utilizan en el proceso son metales sólidos como plomo, estaño, cobre y antimonio. El proceso para la fabricación de aleaciones consta de los siguientes pasos:

1. Alimentación de las materias primas.
2. Fundición de hierro y plomo en horno tipo crisol.
3. Vaciado en moldes de bronce para generar lingotes.
4. Producto listo para su comercialización.

El diagrama del proceso se muestra en la Figura 3.4

Figura 3.4. Diagrama de fabricación de productos comercializables en ferreterías

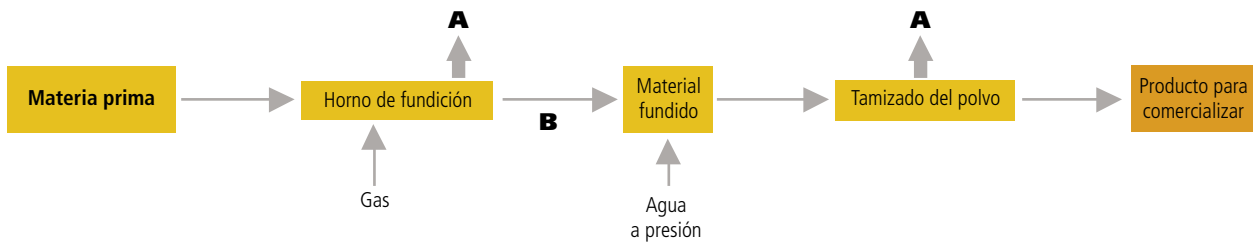


Un proceso similar, en donde se fabrican polvos de diferentes características tiene las siguientes etapas:

1. Preparación de las materias primas (depende del tipo de aleación que se requiera).
2. Alimentación de las materias primas al horno de fundición.
3. Introducción de agua a presión.
4. Generación de polvo.
5. Tamizado.
6. Producto para comercializar.

La Figura 3.5 presenta el diagrama de este segundo proceso.

Figura 3.5. Diagrama de elaboración de polvos



### 3.1.4 Fabricación de Piezas para Motores

Este tipo de industrias tienen mayor variación en sus procesos debido a la cantidad de productos que elaboran, entre los que se encuentran cojinetes, bujes y arandelas. Estas piezas son empacadas posteriormente en cajas encapsuladas y aceitadas. La materia prima que se utiliza son babbitt (base plomo) y plomo en lingotes. La industria generalmente cuenta con su horno de fundición.

Como parte de la composición de un motor, las arandelas, cojinetes y bujes tienen una gran demanda tanto en empresas nacionales como internacionales y su producción está supe- ditada a la situación del mercado automotriz, teniendo como promedio de producción de este tipo de empresas de 78,000 piezas diarias en cuanto a cojinetes y 12,000 piezas al día de bujes y arandelas.

El diagrama de flujo presentado en la figura 3.6 describe las etapas principales de este proceso.

Figura 3.6. Diagrama de fabricación de piezas para motores



## 4. RECOMENDACIONES

En el capítulo anterior se establecieron los puntos de los procesos revisados, en los cuales se presentan las emisiones de plomo. En este capítulo se hará un análisis de la información y se presentarán recomendaciones enfocadas a reducir su impacto al ambiente y a la salud humana.

### 4.1 Análisis de la Información

De los cuatro procesos revisados, el de la fabricación de acumuladores automotrices es el más complejo e involucra más operaciones que el resto. Sin embargo, coincide con los otros tres en que las principales fuentes de emisión de plomo son los procesos de fundición y de fabricación de óxido de plomo para los acumuladores. De aquí podemos establecer que la principal ruta de exposición es la inhalación de vapores y polvos con plomo y su ingestión.

### 4.2 Medidas de Control

Las medidas de control propuestas para los cuatro procesos revisados (fabricación de baterías, fabricación de bronce, fabricación de productos comercializables en ferreterías y tiendas de metales y fabricación de piezas para motores), son generales y algunas de ellas podrán ser aplicadas en algunas empresas, sin embargo, para otras, se pueden hacer adecuaciones que faciliten o mejoren su aplicación. Las medidas se clasifican en:

#### 4.2.1 Buenas prácticas de trabajo

##### a. Exámenes médicos

Prácticamente todos han pasado por un examen médico antes de ser aceptado o cambiado de puesto, pero pocos comprenden su importancia en relación con el Programa de Salud Ocupacional. En este examen se establece el estado general de salud del candidato, información crucial para colocarlo en el puesto adecuado y

detectar cualquier deterioro causado por exposición en el trabajo. Estas exposiciones son la razón de más peso para los exámenes médicos previos a la contratación, debido a la naturaleza crónica de los riesgos a la salud.

Los exámenes médicos son importantes para medir la concentración de plomo en sangre a todo trabajador de nuevo ingreso. La finalidad de éstos será determinar si un trabajador se encuentra contaminado o no con niveles altos de concentración de plomo antes de ingresar a la empresa; lo anterior servirá como referencia para deslindar responsabilidades de la empresa ante un caso de intoxicación por plomo.

En caso de que las personas evaluadas presenten índices elevados de contaminación por plomo, será necesario reubicarlas a otra área de menor riesgo, o bien, brindarle el tratamiento necesario dictaminado por los médicos especialistas de la empresa, o bien de las instituciones de salud pública.

La Occupational Safety and Health Administration (OSHA), recomienda que antes de la primera exposición y en adelante a intervalos de seis meses, el patrón proporcione las siguientes pruebas a toda aquella persona que se exponga a 30 microgramos o más de plomo por metro cúbico de aire.

- Determinación de plomo en sangre
- Protoporfirina de zinc (prueba para determinar los efectos del plomo sobre los glóbulos rojos)

Antes de la primera exposición y cada año en adelante, para toda persona expuesta con más de 40 microgramos de plomo por 100 gramos de sangre integra, la OSHA recomienda además de las pruebas antes mencionadas, un historial médico completo, un reconocimiento físico y los siguientes exámenes:



- Prueba de función renal
- Hemoglobina, hematocrito, con recuento sanguíneo completo
- Examen del sistema nervioso y
- Electroencefalograma

#### b. Equipo de Protección Individual

De acuerdo a las propiedades del plomo y sus compuestos, las cuales hemos mencionado en capítulos anteriores, se recomiendan las siguientes acciones:

##### Protección para los ojos

- Usar protectores resistentes al impacto con coberturas laterales o gafas de protección
- Cuando se trabaje con sustancias corrosivas altamente irritantes o tóxicas, usar una careta junto con gafas de protección

##### Protección respiratoria

- El uso incorrecto de los respiradores es peligroso. Este equipo sólo debe usarse si el empleador tiene un programa por escrito que tome en cuenta las condiciones laborales, los requisitos de capacitación de los trabajadores, las pruebas de ajuste de los respiradores y los exámenes médicos.
- Donde exista un potencial de exposición que no sea mayor de 0.5 mg/m<sup>3</sup>, use un respirador purificador de aire forzado de media máscara equipado con filtros de alta eficiencia.
- Donde exista un potencial de exposición que no sea mayor de 2.5 mg/m<sup>3</sup>, use un respirador purificador de aire forzado de pieza facial completa con filtros de alta eficiencia.
- Donde exista un potencial de exposición que no sea mayor de 50 mg/m<sup>3</sup>, utilice un respirador purificador de aire forzado de cualquier clase con filtros de alta eficiencia o un respirador de media máscara con suministro de aire, operado en una modalidad de presión positiva.

- Abandone el área inmediatamente
  - Si puede oler el plomo, percibir su sabor, o detectarlo de cualquier otra manera mientras usa un respirador de filtro o cartucho
  - Si experimenta una resistencia respiratoria anormal mientras usa un filtro de partículas
  - Si siente irritación de los ojos mientras utiliza un respirador de pieza facial completa. Asegúrese de que el sellado entre el respirador y la cara aún se encuentren en buenas condiciones.

- Tenga en cuenta todas las exposiciones posibles en su lugar de trabajo. Puede necesitar una combinación de filtros, prefiltros, cartuchos o botes para protegerse contra las diferentes formas de una sustancia química.
- Donde exista un potencial de exposición que no sea mayor de 100 mg/m<sup>3</sup>, use un respirador con suministro de aire y pieza facial completa, operado en una modalidad de presión positiva, con capucha, casco o traje.
- La exposición a 100 mg/m<sup>3</sup> constituye un peligro inmediato para la vida y la salud. Donde exista la posibilidad de exposición mayor de 100 mg/m<sup>3</sup>, use un respirador autónomo de pieza facial completa, aprobado por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), operado en una modalidad de presión-demanda u otra modalidad de presión positiva.

##### Ropa

- Evite el contacto de la piel con el plomo. Use guantes y ropa de protección.
- Toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, protección para la cabeza) debe estar limpia, disponible todos los días y debe ponerse antes de comenzar a trabajar.

A continuación se presentan las siguientes recomendaciones que debería incluir un programa eficaz de seguridad:

- Familiarizarse con las normas vigentes sobre la salud en el trabajo.
- Capacitarse para reconocer los peligros.
- Familiarizarse con los equipos de seguridad que hay disponibles para la protección contra estos peligros.
- Conocer los procedimientos que se emplean para manejar los equipos.
- Capacitar a los trabajadores sobre la importancia de usar la ropa y los equipos de seguridad personal.

Además de saber qué equipos de protección personal son necesarios y cuándo son necesarios, el supervisor tiene la responsabilidad de vigilar que se usen y de capacitar al personal sobre el uso y manejo de éstos.

### c. Controles y Prácticas laborales

Al evaluar los controles existentes en un lugar de trabajo, se debe considerar:

- La peligrosidad de la sustancia.
- La cantidad de sustancia emitida en el lugar de trabajo.
- La posibilidad de que haya contacto perjudicial para la piel u ojos.

Las buenas prácticas laborales pueden facilitar la reducción de exposiciones peligrosas, por lo que se recomienda:

- No usar maquillaje en el interior de la planta, los polvos se pueden adherir al mismo y por consecuencia ser ingeridos.
- La ropa de trabajo debe ser proporcionada al trabajador limpia, ya sea a diario o por semana o en la frecuencia que lo defina el nivel de exposición.
- La ropa de trabajo se debe lavar dentro de la planta y no en la casa del trabajador.
- La ropa de trabajo contaminada debe ser lavada por individuos que estén informados acerca de los peligros de la exposición al plomo.
- La ropa de trabajo debe ser reemplazada o reparada cuando sea necesario para asegurar la protección que brinda.
- La ropa personal se deberá dejar en una zona especial alejada de la zona de vestidores para ropa de trabajo y de las duchas.
- No llevar a casa ropa de trabajo contaminada. Podría exponer a sus familiares.

- Lavar el calzado de trabajo en las estaciones colocadas en los accesos a la planta.
- No ingerir alimentos ni bebidas en las áreas de la planta ni fuera de los lugares indicados para ello, ni tampoco fumar.
- Lavar las manos y cara antes y después de ingerir alimentos y bebidas.
- Si existe la posibilidad de exposición de la piel, deben suministrarse instalaciones de duchas de emergencia.
- Si el plomo entra en contacto con la piel, debe lavarse o bañarse inmediatamente para eliminar la sustancia química. Al final del turno laboral debe lavarse cualquier parte del cuerpo que pueda haber estado en contacto con el plomo, aunque no esté seguro del contacto.
- Mantener las uñas limpias y recortadas.
- El área de trabajo inmediata debe estar provista de lavaojos para uso de emergencia.
- El personal administrativo no deberá tener acceso a la planta y si fuera necesario su ingreso, deberá tomar las mismas medidas de higiene y protección que el personal de operación.
- Todas las superficies deben mantenerse con la mínima acumulación posible de polvo de plomo.

### d. Primeros auxilios

Cuando los empleados o personas tienen contacto con el plomo, considere las siguientes recomendaciones:

#### Contacto con los ojos

- Enjuague inmediatamente los ojos con grandes cantidades de agua por un mínimo de 15 minutos, levantando ocasionalmente los párpados superiores e inferiores.

#### Contacto con la piel

- Qútese la ropa contaminada. Lávese la piel contaminada con jabón y agua.

#### Respiración

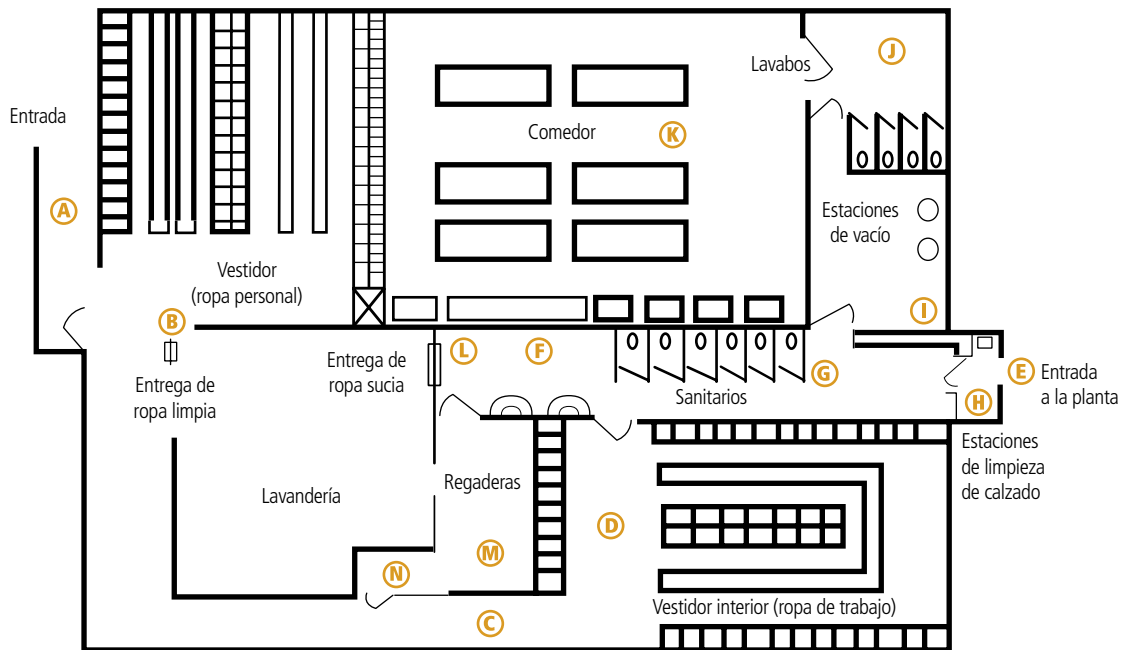
- Retire a la persona del lugar de la exposición.
- Proporcione respiración artificial si la respiración se ha detenido, y la reanimación cardiopulmonar si la acción del corazón se ha detenido.
- Traslade sin demora a la víctima a un centro de atención médica.

#### e. Instalaciones de vestidores y comedor

- Se recomienda que el área en la cual los trabajadores dejan su ropa y accesorios personales, se encuentre independiente del

área en la cual se almacena. De igual manera, deben existir controles adecuados para el horario de comida. En la figura 4.1 se puede observar un diagrama para estas instalaciones.

Figura 4.1. Diagrama de instalaciones de vestidores y comedor



Fuente: Occupational Safety & Health Administration, US Department of Labor (www.osha.gov), 2003.

A continuación se describe el funcionamiento de estas instalaciones:

1. Existe un solo punto de ingreso del exterior a las instalaciones (A).
2. El trabajador pasa al vestidor (B) en donde deja su ropa personal y recibe la ropa de trabajo limpia en la entrada de la lavandería.
3. Existe una entrada de una sola vía (C) para que el trabajador ingrese al área del vestidor interior.
4. Procede a ponerse en el vestidor interior (D) el calzado de trabajo y el equipo de seguridad.
5. Existe una sola entrada a la planta (E).
6. Los sanitarios enseguida del guardarropa son fácilmente accesibles durante la jornada laboral.
7. El guardarropa proporciona un espacio para colocar lentes, cascos, mascarillas, etc., durante periodos de descanso.
8. Antes de ingresar a tomar los alimentos en el comedor (K), el trabajador debe limpiar su calzado en las estaciones de limpieza destinadas para este fin (H), dejar su equipo de seguridad en el guardarropa (G) pasar a las estaciones de vacío (I) para la limpieza de su ropa, y posteriormente al lavado de manos y cara en el área de lavabos (J).
9. El procedimiento al terminar el turno de trabajo es el siguiente: el trabajador pasa por las estaciones de limpieza de calzado, se quita la ropa contaminada en el vestidor interior (D), entrega a la lavandería lo que requiera ser lavado (L) y pasa a las regaderas (M). Finalmente ingresa a una regadera automática (N) y posteriormente al área del vestidor en donde se coloca su ropa personal.

#### f. Manejo de Polvos

- Para el almacenamiento de materia prima o producto con posibilidad de liberar polvo, se deberán utilizar espacios cerrados bajo presión negativa para prevenir la contaminación de áreas de trabajo adyacentes.
- Si se requiere usar montacargas u otros vehículos para el transporte de materias primas o residuos que contengan polvo con plomo, es recomendable que la cabina del mismo sea cerrada y que el operador permanezca dentro de la misma, con los vidrios cerrados mientras realiza las actividades de transportación.
- Mantener el suelo de las instalaciones en buenas condiciones, así como las vías de acceso de vehículos pavimentadas para facilitar su limpieza.
- Nunca utilizar barrido en seco de los polvos. Utilizar un sistema de humidificación antes de su barrido, o bien un sistema de vacío.
- Mantener las áreas de almacenamiento de materia prima o de polvos, bajo condiciones de humedad para evitar su dispersión.
- Reducir el tráfico de vehículos en áreas de almacenamiento o con alto contenido de polvos.
- Lavar los vehículos y equipos de transportación si estos salen de las áreas en las cuales se realiza el trabajo, para evitar la dispersión de los polvos al exterior de ellas.
- Cuando se requiera descargar material, utilizar un ducto cerrado flexible, el cual deberá ascender conforme la pila de material se incrementa.

#### g. Señalización

Los carteles de seguridad alertan a la gente sobre las prácticas inseguras o el manejo de actividades riesgosas, que en nuestro caso son aquellas que tienen relación con el Plomo y sus compuestos. Un supervisor debe emplear

el programa de exhibición de carteles de la empresa y asegurarse de que se estén poniendo en práctica los pequeños detalles que hacen falta para usarlos correctamente.

La ubicación de los carteles debe ser seleccionada cuidadosamente. Deben colocarse en lugares visibles y no deben obstruir o dificultar el tráfico. Deben colgarse a la altura de la vista, aproximadamente 1.60 m del suelo, en lugares bien iluminados (de ser posible, con iluminación propia). Nunca debe usarse una luz intermitente en una zona de producción.

El tamaño ideal para colocar el tablero del cartel es de 56 cm de ancho por 76 cm de alto. También puede ser apenas lo suficientemente grande para dar cabida a un solo cartel. Los tableros y los marcos para los carteles deben ser pintados en colores atractivos y se pueden cubrir con vidrio. Es deseable instalar un tablero en cada lugar de trabajo. En los vestidores, en los cuartos de aseo o en el comedor, es conveniente usar varios paneles para colocar carteles.

Los carteles deben exhibirse solos y estar libres de otro material publicitario. Se recomienda cambiarlos frecuentemente. Pueden agregarse carteles nuevos y hacer que los otros circulen. La selección y rotación de los carteles puede estar a cargo del departamento de seguridad. El uso intensivo de carteles relacionados con ciertas prácticas inseguras puede ser eficaz para producir impactos en lugares del departamento donde hay peligros excepcionales.

Hay carteles que deben tenerse en exhibición permanente. Tal es el caso de un cartel que describa el uso de un respirador, en aquellos sitios donde se genere polvo conteniendo plomo.

### 4.2.2 Estrategias técnicas

Dado que las principales emisiones en los procesos revisados provienen de emisiones de polvos, en esta sección se revisarán los principales equipos para su control.

Es importante incluir la definición de partícula para una mejor comprensión de la información posterior:

“Una partícula es cualquier material, excepto agua no combinada, que existe en estado sólido o líquido en la atmósfera o en una corriente de gas en condiciones normales”.

#### a. Equipo de Control de partículas

Se ha manifestado que una industria puede eliminar cualquier cantidad de partículas si está dispuesta a pagar por la limpieza en la caída de presión, capital de inversión y costo de operación.

Los seis mecanismos disponibles para la colección de las partículas se pueden clasificar como de sedimentación por gravedad, impactación centrífuga, impactación por inercia, interceptación directa, difusión y los efectos electrostáticos. Uno o más de estos mecanismos son responsables de la remoción de las partículas en cualquiera de los dispositivos industriales de colección de partículas.

Es necesario determinar cierto número de factores antes de poder hacer una apropiada selección del equipo de colección. Entre los datos requeridos más importantes se encuentran los siguientes: las propiedades físicas y químicas de las partículas, el intervalo de la tasa de flujo volumétrico

de la corriente del gas, el intervalo de las concentraciones de partículas que se podrían esperar (cargas de polvo), la temperatura y presión de la corriente de flujo, la humedad, la naturaleza de la fase gaseosa como por ejemplo las características corrosivas y de solubilidad, y la condición requerida por el efluente tratado. Este último elemento de información puede ser el más importante, ya que indica la eficiencia de colección que se ha de cumplir, ya sea por una sola pieza de equipo o varias operando en serie. En muchos casos, las consideraciones anteriores limitan las opciones a uno o dos tipos básicos de equipo.

A continuación se presentan las cinco clases básicas de equipos de colección de partículas.

1. Cámaras de sedimentación por gravedad.
2. Separadores ciclónicos (centrífugos).
3. Colectores húmedos.
4. Filtros de tela.
5. Precipitadores electrostáticos.

Los dispositivos pueden llevar diferentes nombres descriptivos, de acuerdo a sus diferencias individuales de operación y construcción. Descripciones detalladas de los siguientes dispositivos se obtienen en la literatura así como de los fabricantes de equipos.

En las figuras 4.2 y 4.3 se muestran algunos equipos utilizados para el control de emisión de partículas y en la 4.4 una metodología para selección de equipos de control.

Figura 4.2. **Separador centrifugo de mamparas axiales (ciclónico)**

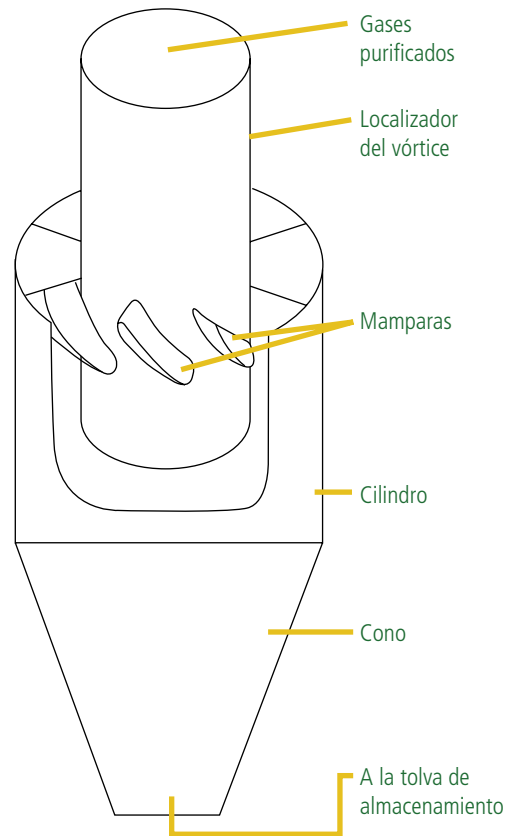
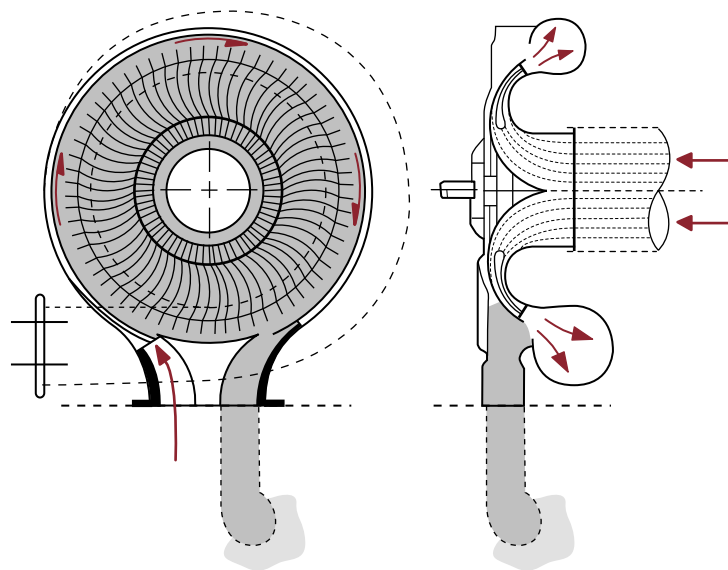


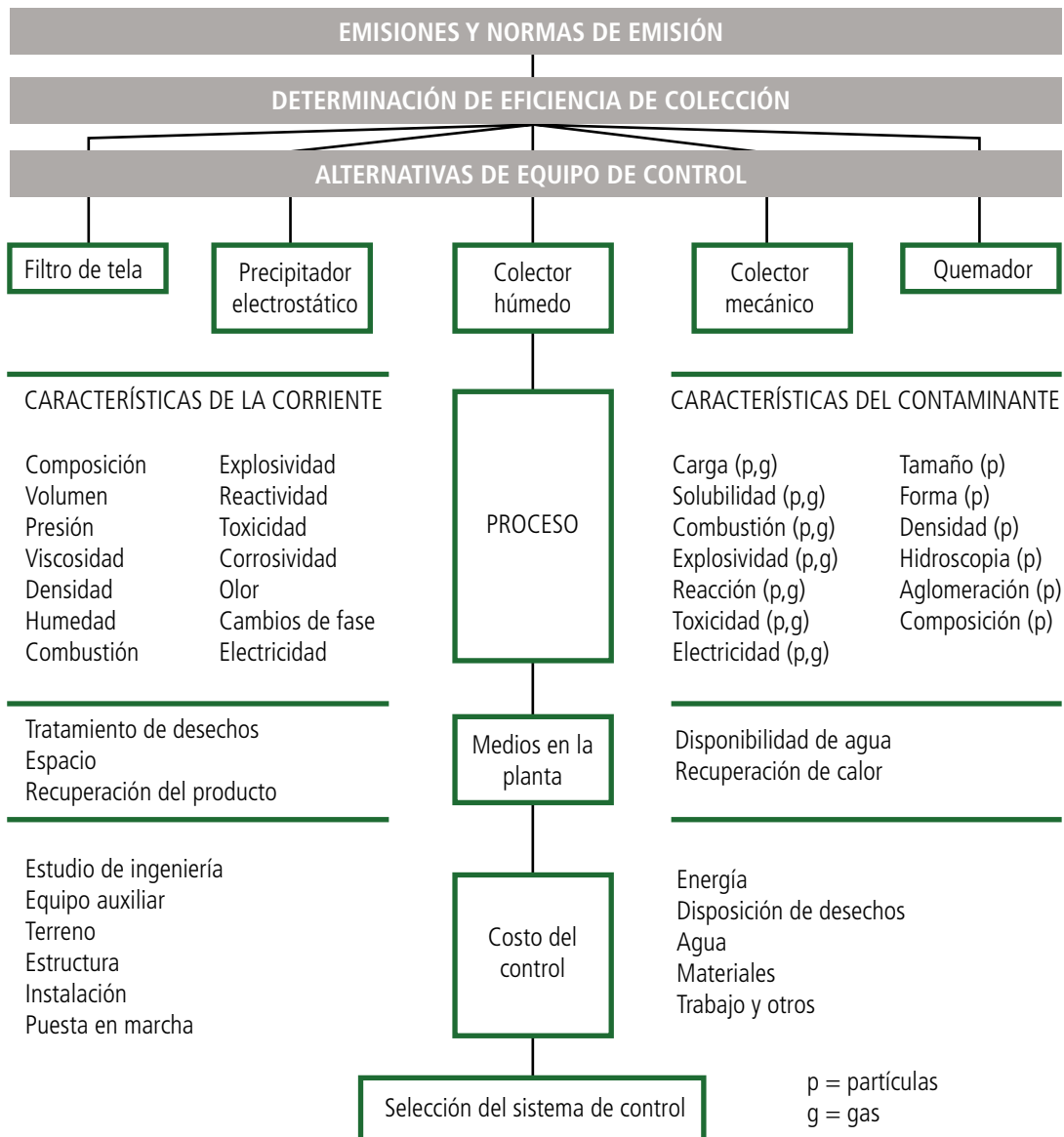
Figura 4.3. **Precipitador dinámico**



Fuente: Contaminación del Aire, Origen y Control. Kenneth Wark, 2000.

En la figura 6.4 se muestra la metodología que puede emplearse para la selección del sistema de control de partículas, partiendo de los valores establecidos por la normatividad y el grado de eficiencia que la empresa esté dispuesta a implementar.

Figura 4.4. Metodología para selección de equipos de control

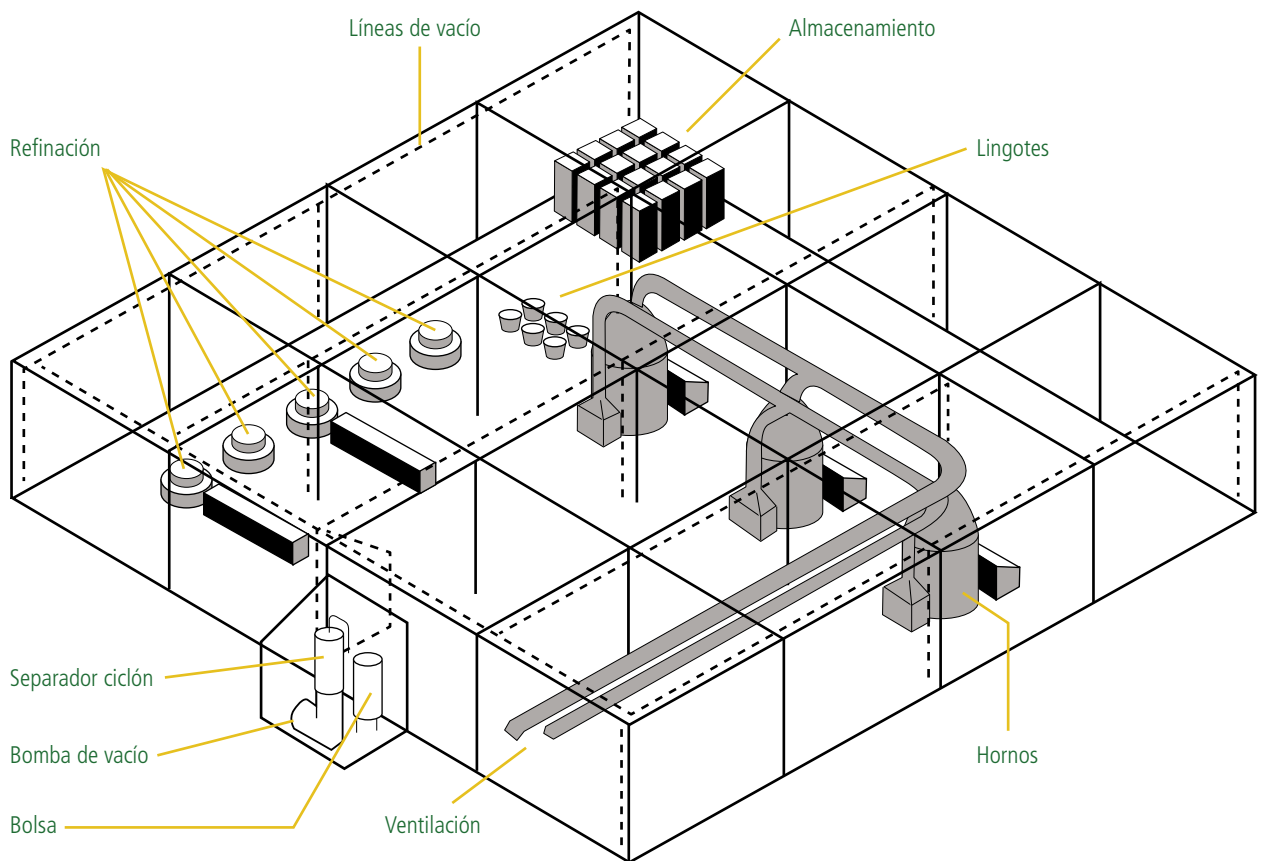


Fuente: Guía de saneamiento básico industrial. Instituto Mexicano del Seguro Social, 1987.

### b. Sistema Central de Vacío

Similar a la instalación de un sistema central de aire acondicionado, se realiza la instalación de un sistema central de vacío. Un esquema básico se muestra en la Figura 6.5. Esta puede implementarse incluso en áreas específicas de la planta en las cuales se tengan identificadas las mayores emisiones de polvos.

Figura 4.5. Diagrama típico de un Sistema Central de Vacío



Fuente: Occupational Safety & Health Administration. US Department of Labor ([www.osha.gov](http://www.osha.gov)), 2003.



### c. Campana Cerrada

Una campana cerrada se puede instalar a la salida de los hornos para atrapar las emisiones en ese punto. La Figura 4.6, muestra un diagrama típico para esto.

### d. Monitoreo en ambiente de trabajo

El monitoreo en ambiente de trabajo puede ser realizado sobre emisiones a la atmósfera y sobre emisiones de efluentes.

#### • Monitoreo de emisiones a la atmósfera

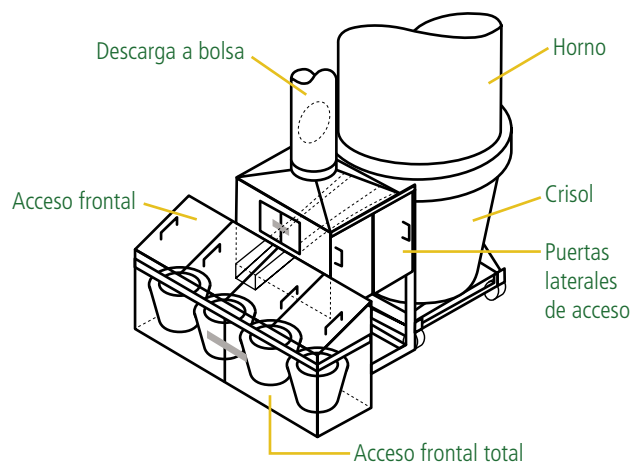
Se pueden cuantificar periódicamente los niveles de concentración, observando que estén dentro de los límites establecidos por las normas oficiales mexicanas vigentes y de acuerdo a los métodos y procedimientos marcados por dichas normas.

En este aspecto, es la Secretaría del Trabajo y Previsión Social la encargada de emitir las normas respectivas. Para el caso de ambiente laboral, se tiene la norma NOM-010-STPS-1999 que se refiere a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejan, transportan, procesan o almacenan sustancias químicas capaces de generar contaminación. En esta norma se define el límite máximo permisible de exposición a plomo como: arseniato de plomo; plomo, polvos inorgánicos, humos y polvos; tetraetilo de plomo y tetrametilo de plomo.

#### • Monitoreo de efluentes

Es importante monitorear tanto las descargas de aguas residuales industriales, como las de tipo doméstico. En el primer caso, para tratar de identificar que cantidad de material se está eliminando e identificar alternativas durante el proceso que puedan reducir esta descarga y en el segundo caso, para verificar que se cumplan las condiciones o criterios que solicita la autoridad correspondiente en cuanto a descargas al drenaje público, además de identificar posibles fallas en el proceso o instalaciones que estén ocasionando la aparición de plomo fuera de los niveles permitidos en ese tipo de efluentes.

Figura 4.6. Diagrama de una campana cerrada usada en un horno



Fuente: Occupational Safety & Health Administration. US Department of Labor ([www.osha.gov](http://www.osha.gov)), 2003.

Cuando la descarga del efluente se hace en aguas y bienes nacionales, las condiciones particulares de descarga a cumplir son competencia de la Comisión Nacional del Agua. Si la descarga del efluente se realiza al servicio de drenaje municipal, corresponde a los municipios o en su caso al Estado, determinar las condiciones. La frecuencia de muestreo queda definida entonces por la autoridad correspondiente al realizarse el trámite del permiso de descarga.

#### • Monitoreo perimetral

En el caso de concentración de plomo en el aire, la Secretaría de Salud es la encargada de establecer la normatividad para fijar el criterio de calidad del aire con respecto al plomo. En el caso de las empresas que manejan plomo en alguna de sus formas, es recomendable contar con un plan de monitoreo perimetral en el cual se identifique el comportamiento de este elemento a través del tiempo, lo cual además de prevenir que se esté trabajando fuera de los límites establecidos por la autoridad, es una manera de evaluar el comportamiento del proceso e identificar posibles puntos en los que puedan reducir dichas emisiones.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

---

- Albert, Lilia A. *Curso básico de toxicología ambiental*. CEPIS, Noriega Editores, 2002.
- Bryson, Peter D. *Comprehensive Review in Toxicology*. Aspen Publishers, Inc., 1989
- *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press Inc., 70th Edition, 1989-1990
- Díaz Barriga, Fernando y Germán Corey Orellana. *Curso de Autoinstrucción en metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados: Caso 2, evaluación de riesgo por la exposición a plomo*. <http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial3/e/casos/caso2/plom.html>
- Doull John, Curtis D. Klaassen y Mary O. Amdur. *Toxicology: The Basic Science of Poisons*. Second Edition. 1980.
- Duffus, John H. *Toxicología ambiental*. Barcelona, Ediciones Omega, 1983.
- Gisbert Calabuig, Juan Antonio. *Medicina Legal y Toxicología*. Masson, S.A., 5a. Edición, 1998.
- Gots, Ronald et al. *Toxic Risks, Science, Regulation and Perception*. Lewis Publishers. 1992. (Gots, 1992)
- *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. V. Conesa Fdez.-Vítora, Ediciones Mundi-Prensa, 1995
- *Guide to Occupational Exposure Values*. ACGIH, 2001
- *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*. 12th Edition, Van Nostrand Reinhold Company, 1993.
- Jiménez Cisneros, Blanca Elena. *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. México: Colegio de Ingenieros Ambientales, A. C., Instituto de Ingeniería de la UNAM, Limusa, Femisca, 2001.
- Kirk-Othmer *Encyclopedia of Chemical Technology*, John Wiley and Sons, 4th Edition, Vol. 1, 1991.
- LaGrega, M.D. *Hazardous Waste Management*. Buckingham, P. Evans, J. and the Environmental Resources Management Group, 1994.
- Legismex (Legislación Ambiental Mexicana) en línea: <http://uninet.mty.itesm.mx>, UNINET, 2002
- Newman, Michael y Alan McIntosh. *Metal Ecotoxicology, Concepts & Applications*. Lewis Publishers, USA 1991, (Newman, 1991).
- NOM-010-STPS-1999
- Peinado Lorca, Manuel y Sobrini Sagaseta de Ilúrdoz, Iñigo. *Avances en Evaluación de Impacto Ambiental y Ecoauditoría*. Editorial Trotta, 1997.
- *Promoción de la minimización y manejo integral de residuos peligrosos*. INE, RDS, PNUD, 1999.
- Seoáñez Calvo, Mariano e Irene Angulo Aguado. *Manual de Gestión Medioambiental de la Empresa*. Ediciones Mundi-Prensa, 1999.
- *The Condensed Chemical Dictionary*. Van Nostrand Reinhold Company, 10th Edition, 1981
- *The Merck Index*. Merck & Co., Inc., 10th Edition, 1983
- *Toxicological Profile for Lead*. Research Triangle Institute, 1999, (RTI, 1999)
- W. Canter, Larry. *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental*. McGraw Hill, 1999

## Anexo 1. Valores del Plomo en Salud Pública

<http://www.economia.gob.mx>

Medio	Valor/Especificación	Observaciones	Referencia
Descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Descarga de plomo a río	Uso en riego agrícola: 0.5 mg/l PM; 1.0 mg/l PD  Uso público urbano: 0.2 mg/l PM; 0.4 mg/l PD  Protección de vida acuática: 0.2 mg/l PM; 0.4 mg/l PD	Límite máximo permisible	NOM-001-SEMARNAT-1996 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
Descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Descarga de plomo en embalses naturales y artificiales	Uso en riego agrícola: 0.5 mg/l PM; 1.0 mg/l PD  Uso público urbano: 0.2 mg/l PM; 0.4 mg/l PD	Límite máximo permisible	NOM-001- SEMARNAT -1996 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
Descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Descarga de plomo en aguas costeras	Explotación pesquera, navegación y otros usos (0.2 mg/l PM; 0.4 mg/l PD)  Recreación (0.5 mg/l PM; 1.0 mg/l PD)  Estuarios (0.2 mg/l PM; 0.4 mg/l PD)	Límite máximo permisible	NOM-001- SEMARNAT -1996 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
Descarga de aguas residuales en agua y bienes nacionales. Descarga de plomo en suelo	Uso en riego agrícola: 5.0 mg/l PM; 10.0 mg/l PD	Límite máximo permisible	NOM-001- SEMARNAT -1996 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
Descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Descarga de plomo en humedales naturales	0.2 mg/l PM; 0.4 mg/l PD	Límite máximo permisible	NOM-001- SEMARNAT -1996 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
Descarga de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal	PM = 1 mg/l PD= 1.5 mg/l Instantáneo =2 mg/l	Límite máximo permisible	NOM-002- SEMARNAT -1996 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal
Aguas residuales tratadas que se reusan para servicios al público	Los límites no deberán superar los definidos en la columna correspondiente a embalses naturales y artificiales para uso y riego agrícola de la tabla 3 de la NOM-001-SEMARNAT-1996 Plomo: PM=0.5 mg/l ; PD=1 mg/l	Límite máximo permisible	NOM-003- SEMARNAT -1997 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público

Anexo 1. **Valores del Plomo en Salud Pública** (continuación)

Medio	Valor/Especificación	Observaciones	Referencia
Combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles	I. Gasolina Magna Sin: 0.0026 kg/m <sup>3</sup> de plomo II. Magna Sin Frontera Norte: 0.0026 kg/m <sup>3</sup> III. Magna Sin Zona Metropolitana: 0.0026 kg/m <sup>3</sup> IV. Nova Plus: 0.06 a 0.28 kg/m <sup>3</sup> V. Nova Plus Zona Metropolitana: 0.06 a 0.28 kg/m <sup>3</sup>	Límite máximo permisible	NOM-086- SEMARNAT-SENER-SCFI-2005. Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.
Envases metálicos para alimentos y bebidas	- No se permite el uso de las soldaduras que contengan plomo. - Para los cuerpos cilíndricos de los envases de tres piezas debe usarse cualquiera de los tipos de material especificados en la NOM-EE-9 "Lámina negra, hojalata y lámina emplomada, empleada en la fabricación de envases".	Especificaciones que deben cumplir los dos tipos de cierre o costura lateral a utilizar en el cuerpo de envases metálicos de tres piezas para contener alimentos y bebidas	NOM-002-SSA1-1993 Salud ambiental. Bienes y servicios. Envases metálicos para alimentos y bebidas. Especificaciones de la costura. Requisitos sanitarios
Etiquetas de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes	Se especifican las leyendas que deberán contener las etiquetas de los envases de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes que contienen los compuestos de plomo formulados en base disolvente y en base acuosa o aceite vegetal	Entre otras, y según el compuesto, se incluyen las siguientes leyendas: - "Contiene disolventes y compuestos de plomo, sustancias tóxicas cuya exposición por cualquier vía o inhalación prolongada o reiterada origina graves daños a la salud" - "Prohibido utilizar este producto, en la elaboración, acabado o impresión de juguetes susceptibles de llevarse a la boca, de artículos de uso doméstico y/o escolares usados por niños". - "Este producto no debe utilizarse para el recubrimiento de juguetes y artículos de consumo para niños"	NOM-003-SSA1-1993 Salud ambiental requisitos sanitarios que deben satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes
Artículos de cerámica vidriada destinados a contener alimentos y bebidas.	Piezas planas: 7.0 mg/l (ppm) Piezas huecas chicas: 5.0 mg/l Piezas huecas grandes: 2.5 mg/l Artículos para uso recreativo: 2.5 mg/l	Límites de solubilidad	NOM-010-SSA1-1993 Salud ambiental. Artículos de cerámica vidriados, límites de plomo y cadmio solubles

Medio	Valor/Especificación	Observaciones	Referencia
Artículos de alfarería vidriados destinados a contener alimentos y bebidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Piezas planas: 210.0 mg/l (ppm) a 365 días, 105 mg/l (ppm) a 730 días y 7.0 mg/l (ppm) a 1095 días</li> <li>- Piezas huecas chicas: 150.0 mg/l (ppm) a 365 días, 100 mg/l (ppm) a 730 días y 5.0 mg/l a 1095 días</li> <li>- Piezas huecas grandes: 75.0 mg/l (ppm) a 365 días, 50 mg/l (ppm) a 730 días y 2.5 mg/l a 1095 días</li> <li>- Artículos para uso recreativo: 7.5 mg/l (ppm) a 365 días, 5.0 mg/l (ppm) a 730 días y 2.5 mg/l a 1095 días</li> </ul>	Límites de solubilidad	NOM-011-SSA1-1993 Salud ambiental. Artículos de alfarería vidriados, límites de plomo y cadmio solubles
Aire ambiente	1.5 $\mu$ g/m <sup>3</sup> en un periodo de tres meses promedio aritmético	Como protección a la salud de la población susceptible	NOM-026-SSA1-1993 Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire, plomo (Pb). Valor permisible para la concentración de plomo en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población
Productos de la pesca	<p>La siguiente lista de productos de la pesca, deben cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 1.0 mg/kg</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Pescados frescos, refrigerados y congelados.</li> <li>* Pescados en conserva.</li> <li>* Crustáceos frescos, refrigerados y congelados.</li> <li>* Crustáceos en conserva.</li> <li>* Moluscos bivalvos frescos, refrigerados y congelados.</li> <li>* Moluscos bivalvos en conserva</li> </ul>	Límite máximo por contaminación con metales pesados	<p>NOM-027-SSA1-1993 Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos, refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.</p> <p>NOM-028-SSA1-1993 Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados en conserva. Especificaciones sanitarias.</p> <p>NOM-029-SSA1-1993 Bienes y servicios. Productos de la pesca crustáceos frescos, refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.</p> <p>NOM-030-SSA1-1993 Bienes y servicios. Productos de la pesca crustáceos en conserva. Especificaciones sanitarias.</p> <p>NOM-031-SSA1-1993 Bienes y servicios. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescos, refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.</p> <p>NOM-032-SSA1-1993 Bienes y servicios. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos en conserva. Especificaciones sanitarias</p>
Quesos de suero	Los quesos de suero, deben cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 0.5 mg/kg	Límite máximo por contaminación con metales pesados	NOM-035-SSA1-1993 Bienes y servicios. Quesos de suero. Especificaciones sanitarias

### Anexo 1. Valores del Plomo en Salud Pública (continuación)

Medio	Valor/Especificación	Observaciones	Referencia
Sal yodada y sal yodada fluorada	La sal yodada y sal yodada fluorada, debe cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 2.0 mg/kg	Límite máximo por contaminación con metales pesados	NOM-040-SSA1-1993 Bienes y servicios. Sal yodada y sal yodada fluorada. Especificaciones sanitarias
Agua purificada envasada	El agua purificada envasada, debe cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 0.02 mg/l	Límite máximo por contaminación con metales pesados	NOM-041-SSA1-1993 Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias
Hielo potable y hielo purificado	El hielo potable y hielo purificado, debe cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 0.02 mg/l	Límite máximo	NOM-042-SSA1-1993 Bienes y servicios. Hielo potable y hielo purificado. Especificaciones sanitarias
Leche pasteurizada de vaca	La leche pasteurizada de vaca, debe cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 0.1 mg/kg	Límite máximo por contaminación con metales pesados y metaloides	NOM-094-SSA1-1994 Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias
Quesos frescos madurados y procesados	Los quesos frescos madurados y procesados, deben cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 0.5 mg/kg	Límite máximo por contaminación con metales pesados y metaloides	NOM-121-SSA1-1994 Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias
Agua para uso y consumo humano	0.01 mg/l	Límite permisible	Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización
Productos de la pesca: secos-salados, ahumados, moluscos cefalópodos y gasterópodos frescos, refrigerados y congelados	Los productos de la pesca: secos-salados, ahumados, moluscos cefalópodos y gasterópodos frescos, refrigerados y congelados deben cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 1.0 mg/kg	Límite máximo por contaminación con metales pesados y metaloides	NOM-129-SSA1-1995 Bienes y servicios. Productos de la pesca: secos-salados, ahumados, moluscos cefalópodos y gasterópodos frescos, refrigerados y congelados. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
Alimentos envasados en recipiente de cierre hermético y sometidas a tratamiento térmico	Los alimentos con pH ( 4.6, los vegetales o sus derivados, o productos cárnicos o sus derivados deben cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 1.0 mg/kg	Límite máximo por contaminación con metales pesados y metaloides	NOM-130-SSA1-1995 Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias

Medio	Valor/Especificación	Observaciones	Referencia
	<p>Los jugos y néctares deben cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 0.3 mg/kg</p> <p>Los productos lácteos o sus derivados deben cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 0.2 mg/kg</p>		
Productos de perfumería y belleza pre-ensados	Se especifican las leyendas que deberán llevar los productos de perfumería y belleza pre-ensados	En los tintes progresivos, se deberá incluir una etiqueta que informe: "Que contiene acetato de plomo"	NOM-141-SSA1-1995 Bienes y servicios. Etiquetado para productos de perfumería y belleza pre-ensados
Bebidas alcohólicas	Las bebidas alcohólicas deben cumplir con la especificación: Plomo (Pb), límite máximo = 0.5 mg/l	Límite máximo por contaminación con metales pesados y metaloides	NOM-142-SSA1-1995 Bienes y servicios. Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial
Harinas de cereales, sémolas o semolinas	Las harinas de cereales, sémolas o semolinas deberán someterse a análisis para determinaciones de plomo periódicamente para efectos de monitoreo		NOM-147-SSA1-1996 Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales
Sangre	De acuerdo a categorías en función de la concentración	Acciones básicas de protección en niños menores de 15 años, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia Acciones básicas de protección para el resto de la población no expuesta ocupacionalmente mayor de 15 años y excepto mujeres embarazadas y en periodo de lactancia	NOM-199-SSA1-2000 Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población no expuesta ocupacionalmente
Material de juguetes o artículos escolares de fabricación nacional o importación	Límite máximo de plomo en material de juguetes o artículos escolares de fabricación nacional o importación: 600 mg/kg	Las especificaciones contemplan la biodisponibilidad de compuestos metálicos en los materiales siguientes: recubrimientos de pinturas, barnices, lacas, tintas de impresión y recubrimientos similares; materiales poliméricos y similares; papel y cartón; textiles; masas de materiales coloreados (ejem; lana y piel impregnadas); partes pequeñas de materiales metálicos; materiales destinados a dejar trazas (ejem.: la	NOM-015/1-SCFI/SSA-1994 Seguridad e información comercial en juguetes. Seguridad de juguetes y artículos escolares. Límites de biodisponibilidad de metales en artículos recubiertos con pinturas y tintas. Especificaciones químicas y métodos de prueba

Anexo 1. **Valores del Plomo en Salud Pública** (continuación)

Medio	Valor/Especificación	Observaciones	Referencia
		mina de lápices de color y la tinta de las plumas); materiales flexibles para moldear y geles; pinturas, barnices, lacas, polvos para vidriado y materiales similares en forma sólida o líquida que aparezcan como tal en juguetes	
Productos de la carne, productos cárnicos procesados	Los productos cárnicos procesados deben cumplir con la siguiente especificación: Plomo (Pb), límite máximo 1.0 mg/kg	Límite máximo por contaminación con metales pesados	NOM-213-SSA1-2002. Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.



## Anexo 2. Fuentes naturales y artificiales del plomo y sus compuestos

Fuente Natural	Fuente Artificial
<b>Plomo elemental</b>	
Raramente se encuentra en su estado elemental en la naturaleza, sin embargo está presente en una gran cantidad de minerales. <sup>1,2</sup>	Industrias de fundición y afinado del plomo, manufactura de baterías. En la fabricación de aleaciones de plomo, de municiones, pigmentos y químicos.
<b>Óxido de plomo (PbO)</b>	
Se encuentra en la lanarkita (PbSO <sub>4</sub> ·PbO) y en otros minerales en combinación con otras sales de plomo. Se obtiene también por fotólisis de compuestos de plomo en la atmósfera. <sup>3,4,5</sup>	Emisiones al aire de vehículos que usan gasolina con plomo, altos hornos, fundidoras y procesos de afinación. Emisiones en las descargas de aguas residuales. <sup>4,6,7,8</sup>
<b>Dióxido de plomo (PbO<sub>2</sub>)</b>	
Se encuentra en el mineral Plattnerita <sup>9</sup>	En atmósferas urbanas, se encuentran partículas de dióxido de plomo derivadas del tetraetilo de plomo. El dióxido de plomo también se produce sintéticamente por la oxidación de sales de plomo mediante oxidación electrolítica ó por agentes fuertemente oxidantes. Se utiliza como agente oxidante en la manufactura de sustitutos de plástico, colorantes y pirotecnia. <sup>10, 11</sup>
<b>Tetraóxido de plomo (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)</b>	
No hay datos de formación natural de este compuesto	Se emite al ambiente durante su manufactura, uso y al ser desechado. Se forma al calentar plomo a altas temperaturas en presencia de oxígeno, por lo que la fundición y refinado de plomo, así como los procesos de soldadura son fuentes potenciales de emisiones de Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> . <sup>11,12</sup>
<b>Cromato de plomo (CrO<sub>4</sub>Pb)</b>	
Dentro de los minerales crocoíta (CrO <sub>4</sub> Pb) y phoenicochroite. La crocoíta es un mineral raro que se encuentra en las zonas de oxidación de los depósitos de plomo, donde los filones han atravesado rocas que contienen cromita. Su composición es 68.9% CrO <sub>4</sub> Pb·PbO y 31.1% CrO <sub>3</sub> . <sup>9,13,14</sup>	Descargas de aguas residuales de empresas que lo producen o lo utilizan. Se forma también por reacción del cromato de sodio con nitrato de sodio en solución. <sup>2</sup>
<b>Arseniato de plomo</b>	
Se encuentra en la naturaleza como el mineral Schultenita. <sup>9</sup>	El arseniato de plomo se produce en la manufactura de insecticidas. <sup>13</sup>
<b>Carbonato de plomo (PbCO<sub>3</sub>)</b>	
Se encuentra naturalmente en la anglesita (PbSO <sub>4</sub> , formada por oxidación de la galena) y en menor grado en la lanarkita.	Se forma en los procesos de manufactura de baterías de plomo, así como durante su descarga. Se encuentra

## Anexo 2. Fuentes naturales y artificiales del plomo y sus compuestos (continuación)

Fuente Natural	Fuente Artificial
Es un componente importante en más de 200 minerales identificados. <sup>3,5,14</sup>	también en pinturas, pigmentos y estabilizadores para PVC. <sup>3,4,6,7,11</sup>
<b>Sulfato de plomo (PbSO<sub>4</sub>)</b>	
Se encuentra en la lanarkita (PbSO <sub>4</sub> .PbO) y en otros minerales en combinación con otras sales de plomo. Se obtiene también por fotólisis de compuestos de plomo en la atmósfera. <sup>3,4,5</sup>	Emisiones al aire de vehículos que usan gasolina con plomo, altos hornos, fundidoras y procesos de afinación. Emisiones en las descargas de aguas residuales. <sup>4,6,7,8</sup>
<b>Antimoniato de plomo (Pb<sub>3</sub>(SbO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>)</b>	
ND	Se forma por la Interacción de soluciones de nitrato de plomo y antimoniato de potasio. <sup>2</sup>
<b>Sulfuro de plomo (PbS)</b>	
De manera natural se encuentra en el mineral conocido como galena, el cual tiene una amplia distribución en el planeta	Por calentamiento del plomo metálico en vapores de azufre
<b>Acetato de plomo (Pb-(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>)</b>	
ND	Se obtiene por la acción del ácido acético en litargirio o placas delgadas de plomo. <sup>2</sup>
<b>Tetraetilo de plomo (C<sub>8</sub>H<sub>20</sub>Pb)</b>	
Se pueden observar emisiones de tetraetilo de plomo en muestras de sedimento debido a la actividad biológica. Sin embargo, no hay indicadores de fuentes naturales a gran escala de compuestos tetralquilos de plomo. <sup>15</sup>	Su uso como agente antidetonante en los combustibles provoca su liberación al ambiente por la evaporación de los combustibles, por los gases emitidos de los automóviles y por los derrames de combustible. <sup>13,16,17,18,19</sup>
<b>Estearato de plomo (Pb(C<sub>18</sub>H<sub>35</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)</b>	
ND	Se obtiene por calentamiento de una solución de acetato de plomo con estearato de sodio. Se utiliza para la elaboración de barniz y secador de lacas, como lubricante en las industrias de extrusión, como estabilizador de polímeros (industria de plásticos), como inhibidor para el petróleo y componente de grasas, ceras y pinturas. <sup>2</sup>
<b>Naftenato de plomo</b>	
ND	Este compuesto se produce químicamente al adicionar sal de plomo a una solución acuosa de naftenato de sodio. Se utiliza en la manufactura de pinturas y secador de barnices, conservador de madera, insecticidas, catalizador de reacciones entre ácidos grasos insaturados y sulfatos en la presencia de aire, así como aditivo en los aceites lubricantes. <sup>2</sup>

**ND:** No se encontró dato

- 1 Clayton, G. D. and F. E. Clayton (eds.). *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*. Volume 2A, 2B, 2C: Toxicology. 3rd ed. New York: John Wiley Sons, 1981-1982. 1687
- 2 Hawley GG. *Condensed Chem Dictionary* 10th ed. Pp 604-609 Von Nostrand Reinhold NY (1981)
- 3 Callahan MA et al. *Water-related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants*. USEPA-440-4/79-029a pp 13-19 (1979)
- 4 World Health Organization. *Environmental Health Criteria 3. Lead*. Geneva, Switzerland: World Health Organization (1977)
- 5 Weast RC. *Handbook of Chemistry and Physics* 67th ed. Pp B100-B101 (1986)
- 6 USEPA. *Air Quality Criteria for Lead* USEPA-600-8-83-028bF (1986)
- 7 Corrin ML, Natusch DFS. pp 7-31 in *Lead in the Environment*; Bog-gess WR ed National Science Foundation NSF/RA-770214 (1977)
- 8 Evans RD, Rigler FH. *Water Air Soil Pollut* 24: 141-51 (1985)]
- 9 *The Merck Index*. 10th ed. Rahway, New Jersey: Merck Co., Inc., 1983. 777
- 10 Venugopal, B. and T.D. Luckey. *Metal Toxicity in Mammals*, 2. New York: Plenum Press, 1978. 188
- 11 Doe JB, Howe HE. *Kirk-Othmer Encycl Chem Tech* 3rd ed. 3: 640-63; 14: 98-139 (1978)
- 12 Lawler GM. *Chemical Origins and Markets*. 5th ed. Menlo Park: SRI (1977)
- 13 IARC. *Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man*. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-present (multivolume work). P. V2 56, 109, 153 (1973)
- 14 Dana-Hurlbut. *Manual de Mineralogía*. Editorial Reverté. Barcelona, 1960. Pp 368
- 15 Buschbeck KC, Gmelin. *Handbook of Inorganic Chemistry-Part 1*, 8th ed. Pp 262-265 (1987)]
- 16 Radojevic M, Harrison RM. *Sci Total Environ* 59: 157-80 (1987)
- 17 De Jonghe WRA et al. *Environ Sci Tech* 15: 1217-22 (1981)
18. Rohbock E et al. *Atmos Environ* 14: 89-98 (1980)
19. USEPA. *Health and Environmental Effects Profile for Lead Alkyls* ECAO-CIN-P133 p. 18-9 (1985)]

### Anexo 3. Vías de Exposición al Plomo y sus Compuestos

Plomo y sus compuestos	Contacto Dérmico	Inhalación	Ingestión
Plomo y Compuestos Inorgánicos	La absorción por la piel solo se presenta por exposición prolongada al compuesto. En períodos cortos puede ocasionar irritación, enrojecimiento de la piel y dolor. 1 Ojos: es probable la absorción a través de los tejidos.	Este compuesto puede absorberse por vías respiratorias, provocando irritación en los bronquios y pulmones. En exposiciones crónicas se presenta un sabor metálico, dolor abdominal, y en el pecho, así como incremento en los niveles de plomo en la sangre. 1	Es venenoso, los síntomas incluyen dolor abdominal y espasmos, náusea, vómito y dolor de cabeza. Envenenamientos graves pueden debilitar los músculos provocando desmayos, sabor metálico en la boca, pérdida definitiva del apetito, insomnio, altos niveles de plomo en sangre y orina, vértigo y muerte en casos extremos. 1
Monóxido, Dióxido, Trióxido y Tetraóxido de plomo	Este compuesto puede absorberse a través de la piel después de prolongadas exposiciones; los síntomas de envenenamiento por plomo puede describirse de igual forma que la exposición por ingestión. El contacto por períodos cortos puede causar irritación local, enrojecimiento y dolor. 1 Ojos: se absorbe a través del tejido de los ojos pero el peligro más común se encuentra en la irritación o abrasión. 1	Se absorbe por vías respiratorias, provocando irritación en los bronquios y pulmones. En exposiciones crónicas se presenta un sabor metálico, dolor abdominal, y en el pecho, así como incremento en los niveles de plomo en la sangre. Se recomienda mover a la persona afectada a lugares con corrientes de aire fresco u otorgar respiración artificial. 1	Es venenoso, los síntomas incluyen dolor abdominal y espasmos, náusea, vómito y dolor de cabeza. Envenenamientos graves pueden debilitar los músculos provocando desmayos, sabor metálico en la boca, pérdida definitiva del apetito, insomnio, altos niveles de plomo en sangre y orina, vértigo y muerte en casos extremos. 1
Cromato de plomo	Puede absorberse a través de la piel por exposición prolongada; los síntomas del envenenamiento por este compuesto se describen en el apartado de ingestión. El contacto por períodos pausados y cortos pueden causar irritación en áreas particulares de la piel, dolor y enrojecimiento. El contacto en heridas de la piel puede causar úlceras y absorción, el cual a su vez provoca envenenamiento sistémico y afectación en las funciones de hígado y riñón. 2 Ojos: puede causar daños en córnea o ceguera. La absorción puede ocurrir a través de los tejidos del ojo pero el peligro más común se encuentra en la irritación o abrasión. 2	Se absorbe a través del sistema respiratorio. Puede causar ulceración y perforación de las fosas nasales. Los síntomas pueden incluir dolor de garganta, tos y falta de respiración. Puede producir alergia asmática. Exposiciones altas pueden causar edema pulmonar, irritación local y de los bronquios y pulmones y, en casos de exposición crónica, síntomas como sabor metálico y dolores abdominales y del tórax, además del incremento de los niveles de plomo en sangre. 2	Es venenoso, los síntomas de envenenamiento por este compuesto incluye dolor abdominal y espasmos, náusea, vómito y dolores de cabeza. Envenenamientos severos pueden afectar los músculos, pérdida de apetito, insomnio, niveles altos de plomo en sangre y orina, y muerte en casos extremos. Puede causar gastritis violenta, colapsos vasculares peripetales, vértigo, fiebre, hemorragias anormales y daños al hígado. 2
Arseniato de plomo	ND	ND	ND
Carbonato de plomo <sup>f</sup>	Lavar con abundante cantidad de agua. 3 Es aconsejable lavar con agua potable al menos por 15 minutos. 3	En ambientes con alta concentración de este compuesto, se recomienda situar a la persona en ambientes de aire fresco. Dar oxígeno o respiración artificial. 3	La ingestión puede ser fatal, por lo que se debe inducir inmediatamente al vómito. 3

Plomo y sus compuestos	Contacto Dérmico	Inhalación	Ingestión
Sulfato de plomo	Al contacto con este compuesto, se presenta enrojecimiento, dolor y quemaduras severas. Los síntomas son parecidos a los causados por ingestión. Después de tener contacto accidental con este compuesto, se deberá lavar la piel enrojecida con agua por lo menos 15 minutos, quitándose la ropa y zapatos contaminados. 4 Ojos: al contacto con los ojos, puede provocar una visión borrosa, enrojecimiento, dolor y quemaduras severas en los tejidos <sup>4</sup>	La inhalación de este compuesto produce efectos dañinos en las membranas mucosas y en el tracto respiratorio. Se puede presentar irritación local de los bronquios y pulmones. Los síntomas son muy parecidos a los que se presentan en la ingestión. <sup>4</sup>	Es una sustancia corrosiva, y si se ingiere puede causar problemas en boca, garganta, estómago y en el peor de los casos, la muerte. Otros síntomas que se presentan son diarrea y vómito. En caso de ingerirse no se debe inducir el vómito, se debe tomar mucha agua. <sup>4</sup>
Antimoniato de plomo	Es irritante a la piel y a las membranas mucosas. 5 Ojos: Efectos irritantes al exponerse a este compuesto. <sup>5</sup>	ND	ND
Acetato de plomo	El acetato de plomo es absorbido 1.5 veces más que la velocidad a la cual se absorben otros compuestos de plomo. <sup>6</sup>	Daños por exposición crónica. Exposiciones prolongadas provocan daño al sistema nervioso central, sanguíneo y gastrointestinal. <sup>7</sup>	ND
Sulfuro de plomo	Puede causar irritación.	Puede causar irritación del tracto respiratorio.	Altamente tóxico. Las sales de plomo pueden causar fatiga, dolor abdominal, trastornos del sueño, náusea, dolor de cabeza, anorexia, entre otros. <sup>11</sup>
Tetraetilo de plomo	Ojos: su exposición ocasiona dificultades visuales. <sup>8</sup>	Los síntomas de intoxicación afectan al sistema nervioso central. La persona afectada sufre de insomnio, anorexia, náusea y vómito, inestabilidad emocional, así como irritabilidad. Si los tiempos de exposición son cortos, las manifestaciones del sistema nervioso central progresan en movimientos musculares exagerados y, finalmente, locura. <sup>9</sup>	ND
Estearato de plomo	Este compuesto se absorbe a través de la piel. <sup>10</sup>	ND	ND
Naftenato de plomo	Este compuesto se absorbe a través de la piel. <sup>10</sup>	ND	ND

ND: No se encontró información

- 1 Material Safety Data Sheet of Lead Oxides. JT Baker Company
- 2 Material Safety Data Sheet of Lead Chromate. JT Baker Company
- 3 Material Safety Data Sheet of Lead Carbonate. JT Baker Company
- 4 Material Safety Data Sheet of Lead Sulfate. JT Baker Company

- 5 Material Safety Data Sheet of Lead Antimonide. JT Baker Company
- 6 M. Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens. 1985. 2nd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Data Corporation, 1985. 546.
- 7 Material Safety Data Sheet. Seguridad de Laboratorios Químicos
- 8 Gosselin, R.E., R.P. Smith, H.C. Hodge.

- Clinical Toxicology of Commercial Products. 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1984., p. II-139.
- 9 Hardman, J.G., L.E. Limbird et al, Goodman and Gillman's The Pharmacological Basis of Therapeutics. 9th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 1996. 1654
  - 10 Hawley, Gessner. The condensed Chemical Dictionary. Tenth Edition, Van

- Nostrand Reinhold Company, p. 607, 609
- 11 Material Safety Data Sheet of Lead Sulfide, Anachemia

## Anexo 4. Legislación Ambiental Mexicana en Materia de Plomo

En este anexo encontraremos un resumen de la legislación y normatividad federal mexicana vigente, en el cual se hace referencia a las leyes o normas que tienen acción sobre el plomo y sus compuestos.

Se incluyen las leyes federales aplicables y las normas, con información como fecha de publicación, el título de la ley o norma y el nombre de la Secretaría que la emite, así como el Artículo o Fracción del documento que aplica y la obligación o límite a cumplir.

### Leyes y Reglamentos de Competencia Federal

<http://www.semarnat.gob.mx>; <http://www.stps.gob.mx>; <http://www.sct.gob.mx>

Leyes o Reglamentos	Artículo o fracción (es) del documento que aplica	Obligación o Límite
<p>Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, SEMARNAT. Última modificación: 23 Febrero, 2005</p>	<p>Artículo 28. Requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:                      II. Industria Química.                      III. Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Art. 27 Constitucional en materia nuclear.                      XI. Obras y actividades en áreas naturales protegidas.</p>	<p>Manifestación de Impacto Ambiental</p>
	<p>Artículo 30. Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas, la manifestación deberá incluir el Estudio de Riesgo correspondiente (Tetraetilo y Tetraetilo de plomo).</p>	<p>Estudio de Riesgo</p>
	<p>Artículo 111 BIS. Para la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá autorización de la Secretaría.</p>	<p>Permiso de Emisiones (LAU)</p>
	<p>Artículo 113. No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen desequilibrio ecológico o daños al ambiente.</p>	
	<p>Artículo 121. No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal.</p>	<p>Permiso de Descarga (CNA)</p>
	<p>Artículo 122. Las aguas residuales provenientes de usos industriales que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de las poblaciones o en las cuencas, ríos, cauces, vasos y demás depósitos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir la contaminación de los cuerpos receptores.</p>	
	<p>Artículo 123. Todas las descargas en las redes colectoras, ríos y los derrames de aguas residuales en los suelos deberán satisfacer las normas oficiales mexicanas que para tal efecto se expidan y en su caso las condiciones particulares de descarga.</p>	<p>Condiciones particulares de Descarga</p>
	<p>Artículo 134. Para prevenir la contaminación del suelo, deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.</p>	
	<p>Artículo 135. Los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo se consideran en los siguientes casos:</p>	
	<p>III. La generación, manejo y disposición final de residuos sólidos, industriales y peligrosos, así como en las autorizaciones y permisos que para tal efecto se otorguen.                      IV. El otorgamiento de todo tipo de autorizaciones para la fabricación, importación, utilización y en general la realización de actividades relacionadas con plaguicidas.</p>	
<p>Artículo 137. La generación, manejo y disposición final de los residuos de lenta degradación deberá sujetarse a lo que se establezca en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría. Artículo 147. La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán a cabo con apego a lo dispuesto en esta Ley (Tetraetilo de Plomo y Tetraetilo de Plomo).</p>		
<p>Artículo 150. Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, sus Reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas</p>		

Leyes o Reglamentos	Artículo o fracción (es) del documento que aplica	Obligación o Límite
	<p>Artículo 151. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera.</p> <p>Artículo 152 BIS. Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo.</p>	
<p>Ley de Aguas Nacionales, Comisión Nacional del Agua, 24 Abril de 2004</p>	<p>Artículo 87. La "Autoridad del agua" determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que estos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas mediante la expedición de Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales las cuales se publicarán en el Diario Oficial de la Federación lo mismo que sus modificaciones para su observancia.</p> <p>Artículo 92. La "Autoridad del Agua" ordenará la suspensión de las actividades que den origen a las descargas de aguas residuales, cuando:</p> <p>I. No se cuente con el permiso de descarga de aguas residuales en los términos de esta Ley;</p> <p>II. La calidad de las descargas no se sujete a las normas oficiales mexicanas correspondientes, a las condiciones particulares de descarga o a lo dispuesto en esta Ley y sus reglamentos;</p> <p>III. Se omita el pago del derecho por el uso o aprovechamiento de bienes nacionales como cuerpos receptores de descargas de aguas residuales durante más de un año fiscal;</p> <p>IV. El responsable de la descarga, contraviniendo los términos de Ley, utilice el proceso de dilución de las aguas residuales para tratar de cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas respectivas o las condiciones particulares de descarga, y</p> <p>V. Cuando no se presente cada dos años un informe que contenga los análisis e indicadores de la calidad del agua que descarga.</p>	
<p>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT, 08 de Octubre de 2003</p>	<p>Art. 16. La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan un listado de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.</p> <p>Art. 17. Los residuos de la industria minero-metalúrgica provenientes del minado y tratamiento de minerales tales como jales, residuos de los patios de lixiviación abandonados, así como los provenientes de la fundición y refinación primarias de metales por métodos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos son de regulación y competencia federal. Podrán disponerse finalmente en el sitio de su generación; su peligrosidad y manejo integral, se determinará conforme a las normas oficiales mexicanas aplicables, y estarán sujetos a los planes de manejo previstos en esta Ley.</p> <p>Art. 31. Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente.</p> <p>IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo.</p> <p>Art. 44. Los generadores de residuos peligrosos tendrán las siguientes categorías:</p> <p>I. Grandes generadores;</p> <p>II. Pequeños generadores; y</p> <p>III. Microgeneradores.</p>	
<p>Ley Federal de Derechos, Congreso de la Federación, Última Modificación 21 diciembre de 2005</p>		<p>Define las cuotas para el pago de las concesiones y trámites ante las diferentes dependencias de gobierno</p>
<p>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, SEMARNAT, 25 de Noviembre de 1988</p>	<p>Artículo 7. Quienes pretendan realizar actividades por las que puedan generarse o manejarse residuos peligrosos deberán contar con autorización de la Secretaría.</p>	<p>Incluir en la manifestación de impacto ambiental los residuos a generarse así como el Alta de Generador de los Residuos Peligrosos</p>

Anexo 4. **Legislación Ambiental Mexicana en Materia de Plomo** (continuación)

Leyes o Reglamentos	Artículo o fracción (es) del documento que aplica	Obligación o Límite
	<p>Artículo 8. El generador de residuos deberá:</p> <p>I. Inscribirse en el registro.</p> <p>II. Llevar una bitácora mensual de los residuos.</p> <p>III. Dar el manejo adecuado.</p> <p>IV. Manejarlos separadamente.</p> <p>V. Envasar los residuos peligrosos.</p> <p>VI. Identificarlos.</p> <p>VII. Almacenarlos en condiciones seguras.</p> <p>VIII. Transportarlos en vehículos autorizados.</p> <p>IX. Dar a sus residuos el tratamiento correspondiente.</p> <p>X. Dar a sus residuos la disposición final correspondiente.</p> <p>XI. Remitir a la Secretaría los informes periódicos.</p> <p>Artículo 13. Los generadores podrán contratar los servicios de empresas de manejo de residuos peligrosos.</p> <p>Artículo 14. Para el almacenamiento y transporte de residuos peligrosos, el generador deberá envasarlos de acuerdo a su estado físico, con sus características de peligrosidad y tomando en consideración su incompatibilidad.</p> <p>Artículo 15, 16, 17, 19. Requisitos para las áreas de almacenamiento temporal.</p> <p>Artículo 21. Los movimientos de entrada y salida de residuos peligrosos del área de almacenamiento deberán quedar registrados en una bitácora.</p> <p>Artículo 23. Para el transporte de residuos peligrosos a cualquiera de las instalaciones de tratamiento o disposición final, el generador deberá adquirir los formatos para los manifiestos que requiera para el transporte.</p> <p>Artículo 27. Los vehículos destinados al transporte de residuos peligrosos deberán contar con el registro ante la Secretaría de Comunicaciones y Transporte.</p> <p>Artículo 34. Una vez depositados los residuos peligrosos, el generador deberá presentar a la Secretaría.</p>	<p>I. Alta como generador de residuos</p> <p>II. Bitácoras</p> <p>III. Autorización de almacén temporal</p> <p>IV. Reportes semestrales</p> <p>Condiciones del almacén temporal de los residuos peligrosos</p> <p>Llevar una bitácora del almacén temporal</p> <p>Manifiesto de entrega, transporte y disposición</p> <p>Permiso del transporte y licencia del transportista</p>
<p>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes y se adiciona y reforma el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, SEMARNAT. 3 de Junio de 2004</p>	<p>Artículo 17 Bis. Obligaciones de los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federa (industria química).</p> <p>Artículo 21. Los responsables de fuentes fijas de jurisdicción federal que cuenten con licencia otorgada por la Secretaría, deberán presentar ante ésta, una Cédula de Operación Anual dentro del periodo comprendido entre el primero 1o. de enero y el 30 de abril de cada año, los interesados deberán utilizar la Cédula de Operación Anual a que se refiere el artículo 10 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes."</p>	<p>Cédula de Operación Anual</p>
<p>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, SEMARNAT, 30 de Mayo del 2000</p>	<p>Según la LGEEPA la industria química debe de presentar Estudio de Impacto Ambiental. Este reglamento define el procedimiento a seguir.</p>	
<p>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Auditoria Ambiental, SEMARNAT, 29 de Noviembre del 2000</p>	<p>Procedimiento voluntario para la realización de Auditorias Ambientales.</p>	



Leyes o Reglamentos	Artículo o fracción (es) del documento que aplica	Obligación o Límite
<p>Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 28 de Noviembre de 2003</p>	<p>Artículo 19. El envase y embalaje de sustancias y residuos peligrosos deberán cumplir con la clasificación, tipos y disposiciones de las normas.</p> <p>Artículo 21, 22, 23, 24. Condiciones y características de los envases y embalajes.</p> <p>Artículo 32. Identificación de los envases y embalajes.</p> <p>Artículo 33, 37, 46, 50. Condiciones y características de las unidades para el transporte de materiales y residuos peligrosos así como la identificación.</p> <p>Artículo 51. El fabricante de sustancia o generador de residuos peligrosos deberá proporcionar la descripción e información complementaria del producto que se transporte.</p> <p>Artículo 52. Información con la que deben contar las unidades de transporte de materiales y residuos peligrosos.</p>	<p>Requiere autorización para el transporte de materiales y residuos peligrosos</p> <p>I. Documentos de embarque  II. Información de emergencia en transportación  III. Documentos que avalen la inspección técnica de la unidad  IV. Manifiesto de entrega, transporte y recepción  V. Autorización respectiva  VI. Manifiesto en caso de derrame  VII. Y las demás que se establezcan.</p>
<p>Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 21 de Enero de 1997</p>	<p>Artículo 17. Obligaciones de los patrones en materia de Seguridad e Higiene.</p> <p>Artículo 21. Delimitar todas las áreas de los centros de trabajo.</p> <p>Artículo 26. Los centros de trabajo deberán contar con medidas de prevención y protección así como con sistemas y equipos para combate contra incendios.</p> <p>Artículo 52. El manejo, transporte y almacenamiento de materiales en general, deberá realizarse en condiciones técnicas de seguridad.</p> <p>Artículo 56. El patrón deberá elaborar una relación del personal autorizado para llevar a cabo actividades con materiales peligrosos.</p> <p>Artículo 57. Las instalaciones y áreas de trabajo en las que se manejen materiales peligrosos, deberán contar con las características de seguridad e higiene.</p> <p>Artículo 58. Para el manejo, transporte y almacenamiento de materiales peligrosos, el patrón deberá establecer las medidas preventivas y los sistemas para la atención a emergencias.</p> <p>Artículo 59. Para el manejo, transporte y almacenamiento de materiales y sustancias químicas peligrosas se debe contar con un sistema de comunicación de riesgos.</p>	<p>I. Cumplir con las disposiciones del reglamento  II. Contar con autorización en materia de seguridad e higiene  III. Realizar estudios en el área de trabajo  IV. Determinar y conservar dentro de los niveles permisibles  V. Colocar avisos y señales  VI. Elaborar un programa de seguridad  VII. Capacitar y adiestrar al personal  VIII. Permitir inspección y vigilancia  IX. Presentar los dictámenes de las unidades de verificación  X. Dar aviso de accidentes de trabajo  XI. Participar en la Comisión de Seguridad e Higiene  XII. Demás obligaciones</p>

## Anexo 4. Legislación Ambiental Mexicana en Materia de Plomo (continuación)

Leyes o Reglamentos	Artículo o fracción (es) del documento que aplica	Obligación o Límite
	Artículo 62. El patrón es responsable de que se identifique las sustancias peligrosas en función al tipo y grado de riesgo.	
	Artículo 63. El patrón deberá de difundir a los trabajadores las hojas de seguridad de los materiales y sustancias químicas.	
	Artículo 64. Los sistemas y equipos que se utilicen para el transporte de materiales en general o sustancias peligrosas, deberán verificarse en sus elementos de transmisión, carga, protección y dispositivos de seguridad.	
	Artículo 101. En los centros de trabajo donde existan agentes en el medio ambiente laboral que puedan alterar la salud y que por razones de carácter técnico no sea posible aplicar las medidas de prevención y control, el patrón deberá dotar con equipo de protección personal adecuado.	

### Normas de Competencia Federal

<http://www.economia-noms.gob.mx>; <http://www.semarnat.gob.mx>

Norma Oficial Mexicana	Artículo o fracción (es) del documento que aplica	Obligación o Límite
NOM-004-SEMARNAT-2002 Lodos y biosólidos, especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final, SEMARNAT, 15 de agosto de 2003.	Establece los límites máximos permisibles de metales pesados en biosólidos.	Plomo EXCELENTES: 300 mg/kg en base seca BUENOS: 840 mg/kg en base seca Incluye método para la cuantificación de metales pesados en biosólidos.
NOM-052-SEMARNAT-1993 (ANTES NOM-052-ECOL-1993) Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, SEMARNAT, 22 de Octubre de 1993.	Define las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos de fundición de plomo (T)</li> <li>- Lodos de tratamiento de agua con compuestos iniciadores del plomo base (T)</li> <li>- Extracción del plomo zinc (T)</li> <li>- Lodos de tratamiento en la producción de baterías</li> <li>- Baterías de desecho (T)</li> <li>- Naftenato de plomo (T)</li> <li>- Alcanoato de plomo (T)</li> <li>- Neodecanato de plomo (T)</li> <li>- Octoato de plomo (T)</li> <li>- Plomo (T)</li> <li>- Sulfato de Plomo (T)</li> <li>- Concentración de plomo en lixiviados(5.0 mg/l)</li> </ul>
NOM-054-SEMARNAT-1993 (ANTES NOM-054-ECOL-1993) Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT/1993, SEMARNAT, 22 de Octubre de 1993.	Determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo 11. Cianuros: Cianuro de Plomo</li> <li>- Grupo 23. Metales Elementales: plomo</li> <li>- Grupo 24. Metales y compuestos tóxicos: plomo, arseniato de plomo, acetato de plomo, azida de plomo, arsenito de plomo, clorito de plomo, carbonato de plomo, dinitroresorcinato de plomo, cianuro de plomo, oxido de plomo, nitrato de plomo, sulfuro de plomo, tetrametilo de plomo, tetraetilo de plomo, dinitruro de triplomo</li> <li>- Grupo 25. Nitruro: dinitruro de plomo</li> <li>- Grupo 27. Compuestos Nitrados: dinitroresorcianato de plomo, mononitroresorcianato de plomo</li> <li>- Grupo 33. Sulfuros Inorgánicos: sulfuro de plomo</li> <li>- Grupo 102. Explosivos: dinitroresorcinato de plomo, azida de plomo, estífnato de plomo, mononitroresorcianato de plomo, dinitruro de triplomo</li> <li>- Grupo 104. Agentes Oxidantes Fuertes: clorito de plomo, nitrato de plomo</li> <li>- Grupo 105. Agentes Reductores Fuertes: sulfuro de plomo.</li> </ul>

Norma Oficial Mexicana	Artículo o fracción (es) del documento que aplica	Obligación o Límite
<p>NOM-097-SEMARNAT-1995 (ANTES NOM-097-ECOL-1995) Establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el país, SEMARNAT, 01 de Febrero de 1996.</p>	<p>Define los niveles permitidos de emisión de material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Horno para Cristal de Plomo: 5.8 kg/ton Zona Crítica</li> <li>- Horno para Cristal de Plomo y Calizo Cristalino: 6.0 kg/ton Zona Crítica</li> <li>- Vidrio Cristal (calizo, opalino y plomo): 11 kg/ton Zona Crítica</li> </ul>
<p>NOM-005-STPS-1998 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. (Esta norma cancela la NOM-008-STPS-1993, NOM-009-STPS-1993, NOM-018-STPS-1993, NOM-020-STPS-1993), Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 02 de Febrero de 1999.</p>	<p>Establecer las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar y mantener actualizado el análisis de riesgo de las sustancias químicas</li> <li>- Contar con regaderas</li> <li>- Manual de primeros auxilios</li> <li>- Proporcionar equipo de protección personal</li> <li>- Elaborar un Programa de Seguridad e Higiene</li> <li>- Dar capacitación con base en el Programa de Seguridad e Higiene</li> <li>- Comunicar a los trabajadores los riesgos</li> <li>- Practicar exámenes médicos de ingreso</li> </ul>
<p>NOM-010-STPS-1999 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Última Modificación 26 de Febrero del 2001.</p>	<p>Establecer las medidas para prevenir daños a la salud de los trabajadores expuestos a las sustancias químicas contaminantes del medio ambiente laboral y establecer los límites máximos permisibles de exposición en los centros de trabajo. (LMPE-CT = Límite máximo permisible de exposición a corto tiempo, mg/m<sup>3</sup>; LMPE-PPT= límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo, mg/m<sup>3</sup>).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arseniato de Plomo: LMPE-PPT= 0.15; LMPE-CT = 0.45.</li> <li>- Plomo, polvos inorgánicos, humos y polvos: LMPE-PPT= 0.15;</li> <li>- Tetraetilo de plomo: LMPE-PPT=0.1; LMPE-CT= 0.3;</li> <li>- Tetrametilo de plomo: LMPE-PPT=0.15; LMPE-CT= 0.5</li> </ul>
<p>NOM-004-SSA1-1993 Salud ambiental. Limitaciones y requisitos sanitarios para el uso de monóxido de plomo (Litargirio), óxido rojo de plomo (Minio) y del carbonato básico de plomo (Albayalde), Secretaría de Salud, 18 de Agosto de 1994.</p>	<p>Establecer los requisitos mínimos de un sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas de acuerdo a sus características físicas, químicas, de toxicidad, concentración y tiempo de exposición.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar los depósitos, recipientes y áreas que contengan sustancias peligrosas</li> <li>- Comunicar los riesgos a los trabajadores</li> <li>- Conocer el grado de peligrosidad de cada sustancia utilizada</li> <li>- Contar con hojas de seguridad de cada material utilizado</li> <li>- Capacitar y adiestrar al personal</li> </ul>
<p>NOM-005-SSA1-1993 Salud ambiental. Pigmentos de cromato de plomo y de cromomolibdato de plomo. Extracción y determinación de plomo soluble. Métodos de prueba, Secretaría de Salud, 17 de Noviembre de 1994.</p>	<p>Establece el método de prueba para la extracción y determinación de plomo soluble en pigmentos de cromato de plomo y cromomolibdato de plomo.</p>	<p>La extracción se prepara en ácido clorhídrico a una concentración de 0.07 mol/l, lo cual se eligió como una aproximación a las condiciones de acidez del estómago. El método aquí descrito permite preparar extractos ácidos de porciones de prueba y cuantificar el contenido de plomo del extracto por método gravimétrico.</p>
<p>NOM-006-SSA1-1993 Salud ambiental. Pinturas y barnices. Preparación de extracciones ácidas de las capas de pintura seca para la determinación de plomo soluble. Métodos de prueba, Secretaría de Salud, 17 de Noviembre de 1994.</p>	<p>Establece los métodos para la preparación de extracciones ácidas requeridas para la determinación del contenido de plomo soluble en las capas de pinturas secas.</p>	<p>La extracción se prepara en ácido clorhídrico a una concentración de 0.07 mol/l, lo cual se eligió como una aproximación a las condiciones de acidez del estómago. Los métodos aquí descritos permiten preparar extractos de porciones de pruebas que pesan entre 25 y 250 mg.</p>
<p>NOM-008-SSA1-1993 Salud ambiental. Pinturas y barnices. Preparación de extracciones ácidas de pinturas líquidas o en polvo para la determinación de plomo soluble y otros métodos, Secretaría de Salud, 28 de Noviembre de 1994.</p>	<p>Establece los métodos para la preparación de extracciones ácidas requeridas, así como las soluciones de prueba para la determinación del contenido de plomo soluble en pinturas o productos relacionados en forma líquida o en polvo.</p>	<p>No es aplicable para capas de pinturas secas o pulverizadas, para estas se utiliza la norma NOM-006-SSA1-1993.</p>

#### Anexo 4. Legislación Ambiental Mexicana en Materia de Plomo (continuación)

Norma Oficial Mexicana	Artículo o fracción (es) del documento que aplica	Obligación o Límite
<p>NOM-009-SSA1-1993 Salud ambiental. Cerámica vidriada. Métodos de Prueba para la determinación de plomo y cadmio solubles, Secretaría de Salud, 15 de Noviembre de 1994.</p>	<p>Establece el método de prueba para determinar el plomo y el cadmio liberados, de los vidriados de los artículos cerámicos o de sus vidriados decorados, por medio de espectrofotometría de absorción atómica.</p>	<p>Este método se aplica a los artículos cerámicos destinados a preparar, servir, cocinar o almacenar alimentos o bebidas, cuyo vidriado se presenta en cualquiera de sus variedades, pudiendo estar decorado o no, apareciendo sobre o bajo el vidriado, y en el interior o exterior de las piezas o en ambas superficies.</p>
<p>NOM-117-SSA1-1994 Métodos de Prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica, Secretaría de Salud, 16 de Agosto de 1995.</p>	<p>Establece el método de prueba de Espectrometría de Absorción Atómica para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio presente en alimentos, bebidas, agua potable y agua purificada.</p>	<p>Método de Prueba.</p>
<p>NOM-199-SSA1-2000. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente.</p>	<p>Establece los niveles de plomo en sangre y las acciones básicas de prevención y control en población expuesta no ocupacionalmente.</p>	<p>El valor criterio para la concentración de plomo en sangre en niños, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia es de 10 µg/dl. El valor criterio para el resto de la población expuesta no ocupacionalmente es de 25 µg/dl.</p>
<p>NMX-AA-51-SCFI-2001 Análisis de agua. Determinación de metales, método espectrofotométrico de absorción atómica, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Fecha de Publicación 13 de Agosto de 2001.</p>	<p>Establece el método espectrofotométrico de absorción atómica para la determinación de bario, cadmio, plomo, cromo, cobre, mercurio, selenio, arsénico, níquel y zinc.</p>	<p>Método de Prueba.</p>
<p>NMX-AA-57-1981 Análisis de agua. Determinación de plomo - Método colorimétrico de la ditizona, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Última Modificación 06 de Noviembre de 1992.</p>	<p>Establece el método colorimétrico de ditizona para determinar plomo en agua.</p>	<p>Método de Prueba.</p>
<p>NOM-002/SCT-2003 Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 3 de diciembre de 2003.</p>	<p>Tiene como propósito identificar y clasificar las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.</p>	<p>La mayoría de los compuestos con plomo se clasifican en la División 6.1.</p>
<p>NOM-010-SCT2-2003 Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 25 de Septiembre de 1995.</p>	<p>Establece las disposiciones de compatibilidad y segregación que deberán aplicarse para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.</p>	<p>Debido a que la mayoría de los compuestos de plomo se localizan en la División 6.1, la tabla de segregación define las compatibilidades de estos compuestos con otros.</p>
<p>NOM-032-SCT2-1995 Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de materiales de las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 10 de Diciembre de 1997.</p>	<p>Definen las características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisternas destinados al transporte de materiales de la clase 3,4,5,6,7,8, y 9.</p>	<p>Define las características para el transporte de: * Perclorato de Plomo.</p>

## Anexo 5. Normatividad por Rama Industrial Relacionadas con el Plomo

Esta sección presenta una recopilación de las normas mexicanas de referencia aplicables al plomo. No son de observancia obligatoria; se encuentran clasificadas por giros industriales, aplicación o productos. Estas normas definen métodos de prueba de análisis en laboratorio así como especificaciones de materiales o procesos, emitidas por la Secretaría de Economía.

Fuente: <http://www.economia-nmx.gob.mx>

### 1.1 Aleaciones

#### NMX-W-033-1965

Método de prueba para la determinación de plomo, cadmio y zinc en tubería de zinc.

Fecha de Publicación: 13 de Julio de 1996

Tópico: Método de Prueba

Nota: Aplica para la determinación de cualquier proporción que se encuentre de plomo, fierro, cadmio y zinc en aleaciones.

#### NMX-W-074-SCFI-2003

Aluminio y sus aleaciones. Análisis químico. Determinación de plomo. Método gravimétrico. (Cancela a la NMX-W-074-1982)

Fecha de Publicación: 18 de Junio de 2003

Tópico: Método de Prueba

### 1.2 Análisis de Agua

#### NMX-AA-057-1981

Determinación de plomo. Método colorimétrico de la ditizona.

Fecha de Publicación: 29 de Septiembre de 1981.

Tópico: Método de Prueba

### 1.3 Alimentos y Medicamentos

#### NMX-F-193-1970

Método de prueba para la determinación de plomo en grenetina

Fecha de Publicación: 23 de Noviembre de 1970

Tópico: Método de Prueba

#### NMX-F-499-1987

Ingenios azucareros. Determinación de plomo en azúcares blancos y azúcar mascabado (crudo)

Fecha de Publicación: 21 de Agosto de 1987

Tópico: Método de Prueba

#### NMX-K-459-S-1979

Aceites esenciales. Determinación de plomo. Método de Laditizona

Fecha de Publicación: 5 de Noviembre de 1979

Tópico: Método de Prueba

### 1.4 Baterías

#### NMX-J-527/2-ANCE-2003

Celdas secundarias - Baterías de arranque tipo plomo - ácido - parte 2: dimensiones y marcado de terminales

Fecha de Publicación: 23 de Julio de 2003.

#### NMX-J-527/4-ANCE-2003

Baterías de arranque tipo plomo ácido - Parte 4: Dimensiones de las baterías para vehículos pesados

Fecha de Publicación: 1° de Marzo de 2004

#### NMX-J-527/1-ANCE-2005

Baterías de arranque tipo plomo-ácido - Parte 1: Requisitos generales y métodos de prueba (Cancela la NMX-J-527/1-ANCE-2003)

Fecha de Publicación: 7 de Octubre de 2005

### 1.5 Cables telefónicos

#### NMX-I-077-1984

Cables telefónicos con aislamiento de papel y cubierta de plomo tipos SCPO y SCPOe

Fecha de Publicación: 2 de agosto de 1984.

#### NMX-I-081-1979

Cable telefónico con aislamiento de papel y cubierta de plomo, armadura y cubierta termoplástica, tipo SCPOFe

Fecha de Publicación: 7 de Enero de 1980

## 1.6 Colorantes Industriales y Alimenticios

### NMX-F-181-1974

Determinación de plomo en colorantes orgánicos sintéticos.

Fecha de Publicación: 22 de Julio de 1974

Tópico: Método de Prueba

## 1.7 Explosivos

### NMX-K-426-1976

Estifnato de plomo empleado como indicador de detonación.

Fecha de Publicación: 1 de Noviembre de 1976

Tópico: Especificaciones

## 1.8 Industria de la Cerámica

### NMX-Q-047-1991

Industria de la cerámica, artículos de cerámica vidriados, destinados para preparar, cocinar, servir o almacenar alimentos o bebidas y para uso recreativo, determinación de residuos de plomo y cadmio, Método de Prueba.

Fecha de Publicación: 05 de Diciembre de 1991

Tópico: Método de Prueba y Límites

## 1.9 Industria del Cobre

### NMX-W-104-1982

Determinación de plomo y zinc en el cobre. Método de electrólisis

Fecha de Publicación: 19 de Agosto de 1982

Tópico: Método de Prueba

## 1.10 Industria del Vidrio

### NMX-P-072/2-1991

Industria del vidrio - Artículos de vidrio para servicio de mesa - Límites de plomo y cadmio liberados por las decoraciones cerámicas en vidrio - Parte 2. (Cancela a la NMX-T-090-1985)

Fecha de Publicación: 23 de Julio de 2003

Tópico: Método de Prueba

## 1.11 Industria Hulera

### NMX-T-094-1986

Industria hulera. Contenido de plomo en óxido de zinc. Método de absorción atómica.

Fecha de Publicación: 14 de Abril de 1986

Tópico: Método de Prueba

### NMX-T-099-1986

Industria hulera. Materias primas. Contenido de Plomo en óxido de zinc. Método fotolorimétrico

Fecha de Publicación: 18 de Noviembre de 1986

Tópico: Método de Prueba

## 1.12 Pinturas y Barnices

### NMX-U-117-1992

Pinturas y barnices. Preparación de extracciones ácidas de las capas de pintura seca para la determinación de plomo soluble.

Fecha de Publicación: 8 de Junio de 1992

Tópico: Método de Prueba

### NMX-U-118-1992

Pigmentos de cromato de plomo y de cromo, molibdato de plomo. Extracción y determinación de plomo soluble

Fecha de Publicación: 8 de Junio de 1992

Tópico: Método de Prueba

### NMX-U-119-1992

Pinturas y barnices. Preparación de extracciones ácidas de pinturas líquidas o en polvo para la determinación de plomo soluble.

Fecha de Publicación: 8 de Junio de 1992

Tópico: Método de Prueba

## 1.13 Productos de Electricidad

### NMX-J-122-1992

Productos eléctricos - Acumuladores eléctricos tipo plomo-ácido utilizado en vehículos automotores.

Fecha de Publicación: 13 de Julio de 1992

**NMX-J-182-1986**

Productos eléctricos - Conductores - Determinación de la flexibilidad de las cubiertas de plomo en cable de energía

Fecha de Publicación: 3 de Noviembre de 1986

Tópico: Método de Prueba

**NMX-J-221-ANCE-1999**

Productos eléctricos - Conductores - Cables de energía con aislamiento de papel impregnado con aceite y cubierta de plomo - Especificaciones y Métodos de Prueba

Fecha de Publicación: 27 de Octubre de 1999

Tópico: Método de Prueba.

**NMX-J-241-ANCE-2000**

Productos eléctricos - Conductores - Cables de energía eléctrica con aislamiento de papel impregnado con aceite y cubierta de plomo - Especificaciones y Métodos de Prueba (Cancela a la NMX-J-241-1976)

Fecha de Publicación: 13 de Junio de 2000

Tópico: Método de Prueba

**NMX-J-015-ANCE-2005**

Conductores - Cubiertas de plomo aplicadas sobre conductores eléctricos aislados - Especificaciones.

Fecha de Publicación: 7 de Octubre de 2005

**1.14 Productos de Petróleo****NMX-L-012-1986**

Productos del petróleo-gasolina para vehículos automotores - Contenido de tetraetilo de plomo.

Fecha de Publicación: 14 de Julio de 1986

Tópico: Método de Prueba

**NMX-L-071-1972**

Método de Prueba para la determinación del contenido de plomo en grasas y aceites lubricantes.

Fecha de Publicación: 16 de Octubre de 1972

Tópico: Método de Prueba

**NMX-L-095-CT-1985**

Productos del petróleo. Trazas de plomo en gasolina

Fecha de Publicación: 4 de Noviembre de 1985

Tópico: Método de Prueba

**NMX-L-096-1985**

Productos del petróleo. Combustibles. Contenido de plomo en gasolina (Método volumétrico por cromato)

Fecha de Publicación: 4 de Noviembre de 1985

Tópico: Método de Prueba

**NMX-L-110-CT-1986**

Productos del petróleo. Contenido de plomo en gasolina.

Método fotocolorimétrico

Fecha de Publicación: 14 de Julio de 1986

Tópico: Método de Prueba

**1.15 Productos de Plomo****NMX-W-016-1961**

Tubos de plomo

Fecha de Publicación: 17 de Mayo de 1962

Tópico: Especificaciones

Nota: Los tubos que se especifican en esta norma se usan en la distribución de agua potable y desagüe de aguas negras o pluviales, debiendo estar oculta la tubería. También se usan para desagüe en laboratorios químicos e instalaciones industriales donde se emplean ácidos.

**NMX-W-062-1971**

Taquetes de plomo y aleaciones de plomo

Fecha de Publicación: 5 de Noviembre de 1971

Tópico: Especificaciones

Nota: Aplica en taquetes para efectuar toda clase de uniones y/o fijaciones en materiales tales como: madera, mampostería, concreto, granito, azulejo, mármol, yeso, etc., y se fabrican de plomo y aleaciones de plomo.

**1.16 Refinación de Plomo****NMX-W-008-1961**

Plomo refinado en lingotes

Fecha de Publicación: 16 de Enero de 1962

Tópico: Especificaciones

## Anexo 6. Patentes

Una patente es una invención que se registra, y se define como “toda creación humana que transforma la materia o la energía, para el aprovechamiento del hombre y para satisfacer sus necesidades”. Son patentables las invenciones que cumplen con los requisitos de patentabilidad: que sean nuevas, resultado de una actividad inventiva y que tengan aplicación industrial. Se obtiene protección bajo patente, para productos y procesos.

A continuación se presenta una investigación realizada sobre patentes, relacionadas con el uso de productos que utilizan plomo como materia prima, o que son compuestos de plomo. La intención de presentar esta información es que los usuarios tomen esta lista como referencia para mejoras en sus procesos o para la implantación de uno nuevo.

La búsqueda de las patentes se hizo a través de la consulta a las bases de datos *Dialogue* y *EspaceNet*, el idioma correspon-

de a su registro original. Su número de registro es alfanumérico y las letras que aparecen al principio indican las iniciales del país de origen (US, Estados Unidos; JP, Japón, etc.), para mayor información sobre el significado del número de registro, consultar en <http://www.wipo.int/scit/en/standards/pdf/03-16-01.pdf>

Actualmente, el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI), ofrece el servicio de consulta a sus bases de datos sobre patentes, a través de su página electrónica en la sección de *Sistemas* y posteriormente en *Banapa-Net*.

Para mayor información sobre las patentes nacionales e internacionales, el lector podrá consultar las siguientes páginas electrónicas:

EspaceNet: <http://www.espacenet.com>

Oficina Europea de Patentes. <http://www.european-patent-office.org>  
Inst. Mexicano de la Propiedad Intelectual: <http://www.impi.gob.mx>

### **BATERIAS :**

#### **HU220486**

Cartouche of valve battery with turnable base for opposite-mounted valve batteries

#### **JP2001286065**

Inspecting method for circuit connected to a plurality of batteries and connecting circuit.

#### **CN2452144U**

Special equipment for sorting batteries

#### **KR274939**

A device for sealling the electrode terminals of lithium batteries

#### **RO100119**

Electrodes production method for water activated batteries

#### **HU9700570**

Cartouche of valve battery with turnable base for opposite-mounted valve batteries

#### **JP58042165**

Manufacturing method for small hermetic batteries

#### **JP56048072**

Fabrication of lead acid battery

#### **JP7321271**

Lead frame and fabrication thereof

#### **JP52030164**

Method for fabrication of lead frame

#### **JP56018367**

Fabrication of electrode plate unit for lead acid battery

#### **JP56156672**

Fabrication of grid for lead-acid battery

#### **JP56126269**

Fabrication of pasted-type lead acid battery

#### **JP56102066**

Fabrication of group of plate for lead acid battery provided with intermediate cell post and its plate.

### **PLOMO EN COMBUSTIBLES:**

#### **SU1592564**

Device for varying fuel injection lead angle in diesel engine

#### **SU1592562**

Device for varying fuel injection lead angle in diesel engine

#### **SU1116199**

Control system for lead angle of fuel injection in supercharged diesel engine

#### **CA1139563**

Lead with dichloroethane in fuel for I.C. engines

#### **JP4072460**

Nozzle hole position measuring method for fuel injection nozzle and light lead-in device

#### **JP57179798**

Method of forming lead shielding material in cask for nuclear fuel, radioactive material



**PLOMO EN ACEITE:****SU1415241**

Oil-filled lead-in

**JP4056691**

Cargo oil outflow preventing type tanker with sludge lead- in well

**JP58064010**

Leading out device of lead wire in oil for electrical induction apparatus

**JP5202725**

Joint structure of handle part and lead-in wire body in oil-level gauge and manufacture thereof

**JP8195324**

Lead-wire holding and cutting device in oil winding apparatus

**PLOMO Y GASOLINA:****US6451 075**

Low lead aviation gasoline blend

**AU3922302**

Aviation gasoline containing reduced amounts of tetraethyl lead

**WO0240620**

Aviation gasoline containing reduced amounts of tetraethyl lead

**US2002055663**

Aviation gasoline containing reduced amounts of tetraethyl lead

**CN1347963**

Production technology of synthetic lead-free gasoline

**CN1345915**

Synthetic lead-free gasoline and fuel process for making same lead-free gasoline composition lead-free gasoline

**JP2001288483**

Lead-free gasoline composition and its preparation method

**CN1306075**

Lead-free gasoline additive

**GB949402**

Gasoline containing tetraethyl lead

**CN1293229**

Energy-saving lead-free gasoline

**GB568896**

Stabilised lead alkyl and aviation gasoline containing it

**CN1277248**

Lead-less gasoline and its preparation compound lead-free gasoline

**JP2000248287**

Low-vapor pressure lead-free gasoline

**CN2401550U**

Installation for extracting lead-free gasoline and diesel by using waste and old plastics

**EPO159265**

A process to eliminate lead in gasoline with a high octane number

**CA1256820**

Process to eliminate lead in gasoline with a high octane number

**CN1123827**

Composition of no-lead synthetic gasoline and its production

**CN1077734**

High-octane lead-free synthetic gasoline and preparing process thereof

**JP8127783**

Lead-free gasoline

**JP7097580**

Lead-free high octane number gasoline

**JP5065489**

Lead-free high-performance gasoline

**JP3093894**

Lead-free high-performance gasoline

**JP7034076**

Lead-free gasoline

**JP9031477**

Lead-free gasoline

**JP8012982**

Lead-free gasoline composition for race

**JP8012981**

Lead-free gasoline composition for race

**JP63289094**

Lead-free, high-octane gasoline

**JP60229987**

Method of eliminating lead from high octane number gasoline

**JP3263493**

Lead-free high-octane gasoline

**JP6248280**

Lead-free gasoline for two cycle engine JP1234497

Lead-free high octane value gasoline

**PLOMO EN ALAMBRE:****JP2001167646**

Lead wires for use in devices

**JP2001058548**

Preparing method of parts in which electric lead-wires are installed inside and parts prepared by this method as door module especially for apparatus and method for ultrasonic bonding lead frames and bonding wires in semiconductor packaging applications.

**SU1802906**

Fixture for drilling hole in lead wires of poles of motor of electric machine

**SU1735916**

Hermetical lead-in for wires

**SU1119104**

Process for manufacturing lead-in wires for light sources

**EPO711456**

Coated bonding wires in high lead count packages

**CA1141732**

Photoflash unit having flash lamps using looped lead-in wires for retention

**CA1000784**

Beaded lead-in wires for lamps

### **PLOMO EN ALAMBRE (cont.):**

#### **JP53080558**

Assembly of anode and cathode lead wires for use in solid electrolytic capacitor

#### **JP53081946**

Method of fixing lead wires in electric machinery and apparatus

#### **JP54050893**

Lead wire connection in shielding wires

#### **JP52035157**

Equipment for positioning lead wires in equipment for clinching continued terminals

### **PLOMO EN VIDRIO:**

#### **PL33932-5**

Method of making the works of art of glass, in particular those of lead glass

#### **SK279093B**

The method of decreasing lead and/or barium emission of the articles made from crystal glass containing lead and/or barium

#### **JP2000086278**

Glass for cathode-ray tube reduced in lead elution

#### **JP2000086276**

Neck glass for cathode-ray tube reduced in lead elution

#### **JP2000086277**

Funnel glass for cathode-ray to be reduced in lead elution

#### **AU580396**

Microfine glass separator in sealed lead-acid cell

#### **CZ9101517**

Process of minimizing migration of lead from a bottle produced from a crystal glass into a liquid contained in said bottle

#### **CA1083664**

Lead batteries with starch-coated glass fibers in the active mass

#### **AU5480986**

Microfine glass separator in sealed lead-acid cell

#### **JP3187947**

Dielectric composition of opaque glass containing lead oxide and iron oxide in small amount

#### **JP1153554**

Glass which doesn't contain lead for use in glaze material

#### **JP5097467**

Lead containing glass product, etc., low in elution of lead and treatment for reducing eluted amount of lead in the same

#### **JP4050133**

Lead crystal glass composition for table ware reduced in elution of lead

#### **JP6009248**

Method for decreasing in discharge of lead and/or barium when crystal glass body containing lead and/or barium is brought into contact

### **PRODUCTOS VARIOS:**

#### **US6465279**

Lead frame and production method thereof, and semiconductor device and fabrication method thereof

#### **US6437427**

Lead frame used for fuel fabrication of semiconductor packages and semiconductor package fabricated using the same

#### **US2002031862**

Lead frame and production method thereof, and semiconductor device and fabrication method thereof

#### **FR2813879**

Fabrication of homogeneous vitreous compositions from mixture of different

glasses from recycled cathode ray tubes involves sorting as function

#### **AU4538301**

Method for fabrication of lead based perovskite materials

#### **US6340840**

Lead frame and production method thereof, and semiconductor device and fabrication method thereof

#### **US2002005571**

Plastic lead frames for semiconductor devices, packages including same, and methods of fabrication

#### **US2002005570**

Plastic lead frames for semiconductor devices, packages including same, and methods of fabrication

#### **US2001051397**

Plastic lead frames for semiconductor devices, packages including same, and methods of fabrication

#### **US6323543**

Plastic lead frames for semiconductor devices, packages including same, and methods of fabrication

#### **CN1322377T**

Lead frame structure for fabrication of hybrid semiconductor devices W00164600 method for fabrication of lead based perovskite materials

#### **US629441**

Plastic lead frames for semiconductor devices, packages including same, and methods of fabrications

#### **EP1123564**

Lead frame structure for the fabrication of hybrid semiconductor devices

#### **KR269887**

Method for fabrication lead wire

#### **KR198270Y**

Lead frame moving apparatus for semiconductor fabrication

**PRODUCTOS VARIOS (cont.):**

**AU6926000**

Lead frame structure for the fabrication of hybrid semiconductor devices

**US6238953**

Lead frame, resin-encapsulated semiconductor device and fabrication process for the device

**DE10032676**

Chip module and insulating carrier connection method during fabrication of contact less chip card, involves forming contact holes with

**WO0115226**

Lead frame structure for the fabrication of hybrid semiconductor devices

**EPO831564**

Fabrication method of plastic molded lead component

**JP9162005**

Fabrication of positive temperature coefficient thermistor containing lead

**US5631193**

High density lead-on-package fabrication method

**US5601459**

Solder bearing lead and method of fabrication

**US5572066**

Lead-on-chip semiconductor device and method for its fabrication

**US5484959**

High density lead-on-package fabrication method and apparatus

**US5393705**

Molded semiconductor device using intermediate lead pattern on film carrier formed from lattice pattern commonly available for devices and

**US5221642**

Lead-on-chip integrated circuit fabrication method

**US4577642**

Drug dispensing body implantable lead employing molecular sieves and methods of fabrication

**US4009683**

Aperture sealing device for film lead fabrication

**US3788898**

Fabrication of negative electrodes in lead-acid batteries

**US3765943**

Fabrication of lead-acid batteries

**US3762945**

Technique for the fabrication of a millimeter wave beam lead schottkybarrier device

**US3619387**

Technique for the fabrication of thin film capacitor including lead dioxide conductive films

**US3611061**

Multiple lead integrated circuit device and frame member for the fabrication thereof

**US3388048**

Fabrication of beam lead semiconductor devices

**GB2057757**

Moulded lead frame dual in-line package and fabrication method thereof

**FR2699738**

Fabrication of sealed lead-acid batteries

**WO9304498**

Lead-on-chip integrated circuit fabrication method and apparatus

**EPO414647**

Method for fuel fabrication of a lead frame

**JP4168759**

Semiconductor device, lead frame and fabrication thereof

**JP6097357**

Lead frame and fabrication of semiconductor device employing the lead frame

**JP8078606**

Fabrication of lead frame with dimple

**JP4336459**

Lead frame requiring no deflashing and fabrication thereof

**JP9051010**

Fabrication of semiconductor device, semiconductor fabrication apparatus and lead frame

**JP8008363**

Lead frame, semiconductor device and fabrication thereof, and molding die

**JP7321272**

Electrocasting lead frame of semiconductor device and fabrication thereof

**JP52058891**

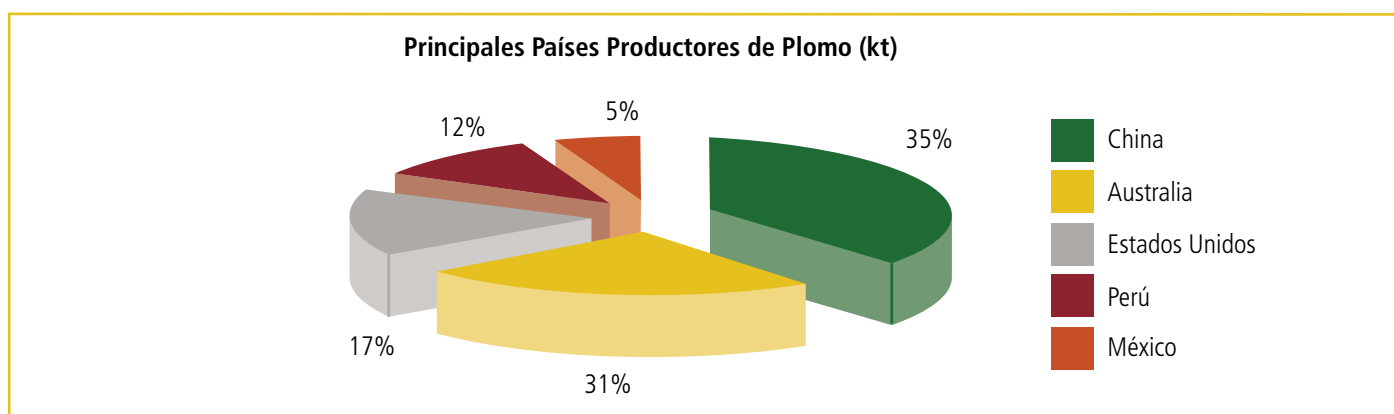
Fabrication of integral sleeve consisting of lead tubes for connection of plastic cable armour and heatmelting adhesives

## Anexo 7. Mercado Mundial y Nacional del Plomo

Diversos factores han contribuido para el resurgimiento de la industria minero-metalúrgica. En 2004 se crearon 100 nuevas empresas productoras de materias primas minerales en el mundo, mientras que en la década de los noventas, el promedio anual de nuevas empresas, nunca fue mayor a 30. (Informe Anual 2005, CAMIMEX)

Estos resultados se deben principalmente al hecho de que China ha surgido como el mayor consumidor de plomo en el mundo, además del debilitamiento del dólar estadounidense, lo que ha permitido el fortalecimiento de los precios de todas las materias primas que basan su cotización en esta moneda. La tonelada de plomo, en 2004 se cotizó en 886.5 dólares, mientras que en 2005 tuvo un aumento del 10.2% alcanzando los 976.5 dólares.

En 2005, la producción minera mundial de plomo fue de 3,075 kt, con un incremento de 323 kt, cifra 11.7% más grande a la obtenida en el 2004. Los países productores más importantes fueron: China (817 kt), Australia (752 kt), Estados Unidos (413 kt), Perú (291 kt) y México (126 kt).



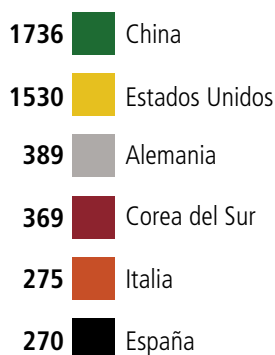
La producción mundial de plomo refinado durante el 2005 fue de 7,326 kt, con un incremento del 6.9% con relación al 2004. La producción mundial de plomo primario fue de 3,963 kt, de las cuales 983 se obtuvieron a través de los residuos de los procesos de otras fundiciones, mientras que la producción mundial de plomo secundario fue de 3,363 kt. En la siguiente Tabla se citan los países con mayor producción mundial de plomo secundario y primario.

### Producción Mundial de Plomo Refinado (kt)

País	Plomo primario	Plomo secundario
Alemania	247	133
Australia	230	40
Canadá	145	88
China	1631	524
Corea del Sur	200	60
Estados Unidos	138	1125
Japón	177	100
México	143	105
Reino Unido	170	150

En relación con el consumo mundial, este aumento en un 4.0 % en 2005 con 7.4 millones de toneladas, siendo los mayores consumidores: China con 1.7 millones de toneladas, Estados Unidos con 1.5 millones de toneladas, Alemania con 389 mil, Corea del Sur con 369 mil, Italia 275 mil toneladas y España con 270 mil toneladas respectivamente.

### Principales Países Consumidores de plomo (Miles de toneladas)



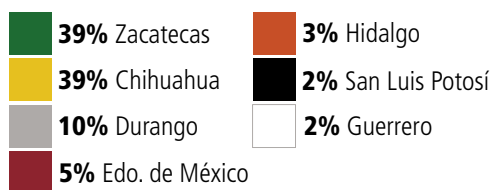
Por su parte, el sector de las baterías es el consumidor más grande de plomo, aproximadamente tres cuartas partes de su demanda (77 %), se utiliza en baterías industriales y en baterías para automóviles.

La otra cuarta parte es usada en otras aplicaciones como municiones, soldaduras, protección contra radiaciones ionizantes "g" y "x" en computadoras, televisores y equipo médico, lentes de alta precisión para láser y fibras ópticas, cables y cañas de pescar, entre otros.

### Producción Nacional de Plomo

Por su parte, la producción nacional de plomo en México en 2005, tuvo un incremento del 12.4% con relación al año anterior, con 135,322 toneladas. Los estados con mayor producción de plomo en la República Mexicana son: Zacatecas con 53,054 toneladas, el segundo lugar lo ocupa Chihuahua con 52,329, Durango con 12,884, Estado de México con 6,821, Hidalgo con 4,238 y San Luis Potosí con 3,144 y Guerrero con 2,574 toneladas.

### Estados Productores de Plomo en México



Ti V Cr Mn Fe Co Ni  
Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd  
Hf Ta W Re Os Ir Pt

Este **Manual para el Manejo Ambientalmente  
Responsable del Plomo** se terminó de imprimir el  
1 de agosto del año 2006, en México, D.F.  
MÉXICO

Cu Zn Ga Ge As Se B

Ag Cd In Sn Sd Te I

Au Hg Tl **Pb** Bi Po A

Ti V Cr Mn Fe Co Ni  
Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd  
Hf Ta W Re Os Ir Pt