

Guía básica

para el almacenamiento
temporal, la manipulación
y el transporte de mercurio

Perú 2022



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Guía básica

**para el almacenamiento
temporal, la manipulación
y el transporte de mercurio**

Guía básica para el almacenamiento temporal, la manipulación y el transporte de mercurio en el Perú

Versión 1.0



Un documento de Artisanal Gold Council elaborado con financiación del Departamento de Estado de los Estados Unidos

Acerca de los autores

Este documento ha sido producido por el Artisanal Gold Council con financiamiento del Departamento de Estado de los Estados Unidos para el proyecto "Mayor transparencia y control de mercurio en el Perú". AGC es un líder de opinión muy respetado e innovador que trabaja para mejorar el sector de la minería de oro artesanal y de pequeña escala a nivel mundial. Su profunda experiencia de campo y sus conocimientos técnicos permiten a AGC forjar relaciones sólidas y significativas con los mineros artesanales y sus comunidades. Estas conexiones son cruciales para desarrollar y aplicar mejores técnicas y sistemas concretos sobre el terreno -donde más importa-, incluidos los sistemas medioambientales, sociales y de gobernanza para garantizar que los puestos de trabajo sean estables, seguros, equitativos y duraderos. Más información sobre el trabajo de Artisanal Gold Council en www.artisanalgold.org

Los autores principales de este documento son Paul Cordy, Peter Maxson, Nely Quispe y Daniel Merino

Cita recomendada:

P Cordy, P. Maxson, N. Quispe y D. Merino, 2022. *Guía básica para el almacenamiento provisional, manipulación y transporte del mercurio*. Publicado por Artisanal Gold Council (financiado por el Departamento de Estado de los Estados Unidos). Marzo, 2022.

Los autores también desean agradecer a los revisores técnicos: Dr. Kevin Telmer, Shun-Ping Chau, Dra. Mareike Kroll, Tegan Holmes, MINAM: Milagros Verastegui, Rocio Santivañez, Dallas Gonzales, Paulo Porta, Jhoana Canchanya, Sonia Farro y MINEM: Luis Zapana.

Tabla de Contenido

Abreviaturas	4
Definiciones	5
Introducción	6
Propósito	7
Usuarios	7
Contenido general	7
Almacenamiento	8
Especificaciones de la instalación	9
Planificación y respuesta a emergencias	11
Capacitación de los trabajadores	12
Contenedores de almacenamiento de mercurio	13
Áreas de almacenamiento	18
Etiquetado	18
Monitoreo e inspección	19
Documentación	20
Inventario	21
Cierre de instalaciones	21
Manipulación	22
Equipo de protección personal	23
Equipo para derrames de mercurio	27
Respuesta ante derrames de mercurio	29
Protocolo de derrame de mercurio	30
Protocolo de recolección de mercurio en el campo	32
Protocolo de transferencia de recipientes de mercurio	33
Transport	36
Reglamentos y registros	37
Plan de contingencia	38
Especificaciones del vehículo	39
Plan de transporte	39
Plan de manejo de emergencias	40
Etiquetado de vehículos	41
Seguimiento	42
Protocolo de transporte	43
Bibliografía	45

Abreviaturas

ASGM	Minería de Oro Artesanal y de Pequeña Escala
DGASA	Dirección General de Asuntos Ambientales
DGFM	Dirección General de Formalización Minera
DICAPI	Dirección General de Capitanías y Guardacostas
DIRMEAMB	Dirección de Medio Ambiente
DS	Decreto Supremo
EPA	Agencia de Protección Ambiental
EPP	Equipo de protección personal
EVOH	Alcohol de etileno-vinilo (un copolímero termoplástico flexible)
FEMA	Fiscalía Especializada en Materia Ambiental
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
HDPE	Polietileno de alta densidad
Hg	Mercurio
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
NIOSH	Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional
OMS	Organización Mundial de la Salud
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
PNP	Policía Nacional del Perú
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RCBF	Registro para el Control de Bienes Fiscalizados
SEIA	Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
SUNAT	Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria

Definiciones

El Convenio de Minamata: Un acuerdo ambiental multilateral diseñado para proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio (ref. Convenio de Minamata sobre el Mercurio, art. 1).

Instalación de almacenamiento temporal: Instalación diseñada para albergar objetos o sustancias durante un período temporal predeterminado hasta que se transfieran a otro lugar para su tratamiento o eliminación final (ref. Convenio de Minamata sobre el Mercurio).

Mercurio: Mercurio elemental Hg^0 , que es un líquido plateado de alta toxicidad cuyo uso y distribución está regulado internacionalmente por el Convenio de Minamata (ref. Convenio de Minamata sobre el Mercurio).

Minería de oro artesanal y en pequeña escala: Extracción de oro realizada por mineros individuales o pequeñas empresas con inversión y producción de capital limitado (ref. Convenio de Minamata sobre el Mercurio, Art. 2).

Introducción



Propósito

Este documento ha sido preparado por el Artisanal Gold Council para proporcionar una guía básica práctica para el almacenamiento, el manejo y el transporte ambientalmente racional de mercurio líquido y desechos de mercurio en el Perú, particularmente desechos que consisten en mercurio elemental usado y materiales contaminados con mercurio. Esta guía se adapta a las necesidades del Perú, que tiene como objetivo eliminar progresivamente el uso de mercurio en la minería artesanal y en pequeña escala, y se ha comprometido a gestionar los desechos de mercurio de conformidad con los convenios de Minamata y Basilea. Una versión más completa de este documento de orientación también está disponible.

Usuarios

Este documento ha sido diseñado para proporcionar a los organismos gubernamentales y otras instituciones una guía práctica detallada sobre el manejo ambientalmente racional del mercurio elemental y los desechos de mercurio (EPP, recipientes y otros sólidos contaminados, desechos de mercurio líquido como el mercurio incautado o reutilizado, mercurio en bolsas de plástico y otros desechos líquidos como el mercurio mezclado con agua en botellas de plástico). Su objetivo es complementar las directrices elaboradas en el marco de los Convenios de Basilea y Minamata, las reglamentaciones peruanas y otros documentos de orientación que no llegan a dar recomendaciones específicas sobre los protocolos y productos que se necesitan para garantizar el transporte, la manipulación y el almacenamiento ambientalmente racional de los desechos de mercurio en el Perú. Se espera que esta guía también sea útil o adaptada para otros países que enfrentan desafíos similares, como los países del Grupo de América Latina y el Caribe (GRULAC).

Contenido general

Este documento de orientación se divide en tres secciones principales. El primero describe del **almacenamiento de mercurio** y desechos contaminados con mercurio, y abarca los contenedores e instalaciones de almacenamiento, la planificación de emergencias, la capacitación del personal, la documentación y la elaboración de informes. La segunda sección se centra en la **manipulación del mercurio** incluida la protección de los trabajadores, la respuesta a los derrames y las transferencias de mercurio. La tercera sección se enfoca en el **transporte de mercurio** y desechos contaminados con mercurio, incluida la certificación, la planificación, la gestión de emergencias, el seguimiento y el protocolo de transporte.

Almacenamiento

El mercurio debe almacenarse en un lugar seguro, estable y oscuro, lejos de cocinas, comedores, dormitorios y lugares de trabajo. Aunque no sea posible observar todas estas precauciones, se debe hacer todo lo necesario para elegir una ubicación de almacenamiento que esté lo más lejos posible de amenazas como inundaciones, incendios y terremotos. Además, es fundamental que el mercurio se almacene en contenedores resistentes para prevenir y contener cualquier fuga, emisión o amenaza para los seres humanos y el medio ambiente. La siguiente sección proporciona más detalles sobre una instalación básica de almacenamiento de mercurio.

Especificaciones de la instalación

Descripción general y criterios de diseño para una instalación temporal básica de almacenamiento de mercurio:

- Una instalación temporal de almacenamiento de mercurio está destinada al almacenamiento a corto y mediano plazo de no más de 5 toneladas de mercurio. Si la cantidad de mercurio almacenada en cualquier momento excede las 5 toneladas, entonces parte o la totalidad del mercurio debe transferirse a otra instalación.
- La instalación es solo para el almacenamiento de mercurio líquido, mercurio mezclado con otros líquidos y pequeños volúmenes de materiales que están muy contaminados con mercurio, por ejemplo el equipo de protección personal (EPP).
- El mercurio podría entrar y salir de la instalación, y cualquier mercurio que entre en la instalación no debe permanecer durante más de cinco años.
- Como mínimo, la instalación debe estar asegurada con cerraduras y ser resistente al fuego, por ejemplo, construida con materiales no combustibles. Todas las ventanas deben oscurecerse o protegerse permanentemente, y la instalación debe ventilarse hacia el exterior para permitir que el aire fresco ingrese por la noche y evitar así la acumulación de vapores de mercurio.
- El área de almacenamiento debe tener EPP disponible para todo el personal de la instalación.



Figura 1. Revestimiento y contención de suelo epoxi.

El siguiente diagrama muestra el diseño de una instalación temporal de almacenamiento de mercurio relativamente completa.

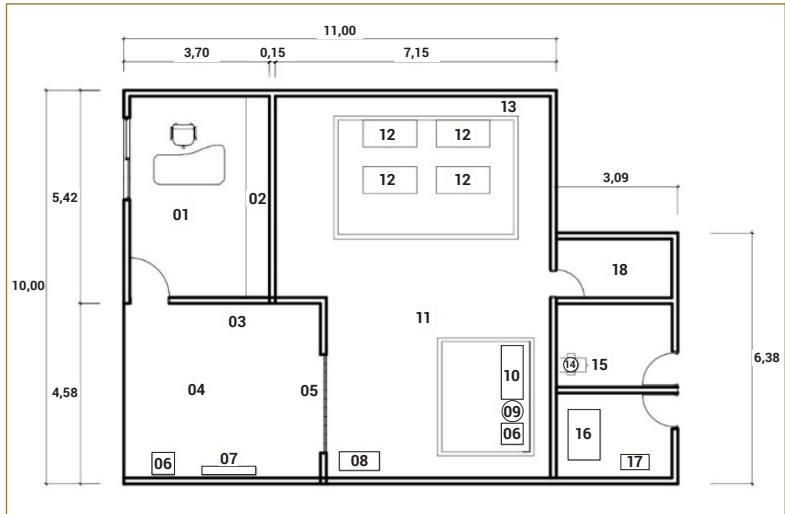


Figura 2. Plano de planta para una instalación temporal de almacenamiento de mercurio (01. Oficina de administración; 02. Archivo y almacenamiento; 03. Almacenamiento de equipos; 04. Calzada cubierta; 05. Puerta de seguridad enrollable/ garaje; 06. Kit de derrame, 07. Manguera contra incendios; 08. Gabinete para el EPP; 09. Barra de sobreembalaje; 10. Banco de trabajo con campana extractora; 11. Recintos de barrera de contención del piso para limitar los derrames; 12. Coolers de almacenamiento de Hg; 13. Ventilador a nivel del suelo; 14. Chimenea; 15. Ventilador centrífugo con filtros de Hg para campana extractora; 16. Generador; 17. Caja eléctrica y 18. Instalaciones Sanitarias).

Si el presupuesto es limitado, la instalación de almacenamiento podría montarse en una sola habitación segura, o podría fabricarse a partir de un contenedor de envío usado, por ejemplo (ver Figura 3). Como mínimo, la instalación debe incluir un almacén para guardar los documentos, el equipo básico y el EPP; un kit de derrames; contenedores de sobreembalaje; una mesa de trabajo; ventilación; un toma corriente e iluminación; y un área pequeña al aire libre pero segura donde el EPP se puede descontaminar al sol.



Figura 3a. Un contenedor de segunda mano de 10 pies puede hacerse cortando un contenedor de 40 pies en cuatro partes y añadiendo una pared trasera o puertas según sea necesario.



Figura 3b. Diseño de unidad de almacenamiento de mercurio discutido en el simposio del oro 2020, La paz, Bolivia

Si dicho almacenamiento seguro no es posible, el mercurio y los materiales contaminados pueden almacenarse temporalmente en recipientes herméticos, como se describe más adelante.

Planificación y respuesta a emergencias

La instalación de almacenamiento de mercurio debe tener un Plan de Respuesta de Emergencia, que identifique los procedimientos y las acciones a tomar en caso de una emergencia. El objetivo es prevenir o minimizar los riesgos para las personas, las liberaciones de mercurio al medio ambiente y los daños a las instalaciones de almacenamiento de mercurio y las estructuras circundantes. En el Perú, el plan de respuesta de emergencia forma parte del plan de contingencia, establecido en el Instrumento de Gestión Ambiental, según la Ley N° 28551.

Los principales elementos de un plan de respuesta de emergencia incluyen la definición de una emergencia; la identificación de peligros potenciales; acciones a tomar en situaciones de emergencia, incluidas medidas de mitigación; planes de capacitación del personal; prioridades y métodos de comunicación (servicio de bomberos, policía, comunidades vecinas, gobierno local, etc.); y cronogramas para la prueba de equipos de respuesta de emergencias.

Es responsabilidad de la administración de la instalación de almacenamiento decidir cuándo es necesario activar el plan de respuesta de emergencia, pero en general el plan debe activarse en caso de cualquier incidente (inundación, terremoto, incendio, etc.) que pueda provocar una fuga significativa de mercurio o daños significativos a la instalación de almacenamiento, y especialmente cualquier incidente que esté más allá de la capacidad de los trabajadores de la instalación para manejarlo sin asistencia externa. En caso de emergencia, el personal debe:

- Notificar a las autoridades pertinentes (PNP, bomberos y/o FEMA) y mantenga el sitio asegurado hasta que el funcionario adecuado haya considerado que el área es segura para la investigación o continua la operación.
- Ponerse el EPP como ropa vieja, delantales u overoles, fundas para zapatos, guantes de goma o nitrilo, protección ocular y respiratoria.
- Registrar el incidente y anotar los detalles circunstanciales.

Los planes o procedimientos de respuesta de emergencias deben cubrir una serie de escenarios diferentes, tales como:

- Fuga menor de un contenedor de almacenamiento de mercurio.
- Daños graves a un contenedor de almacenamiento de mercurio (por ejemplo, falla total del sello en un contenedor).
- Derrame de mercurio, como durante las operaciones de reenvasado; y
- Daños a la propia instalación de almacenamiento (por ejemplo, debido a inundaciones, incendios, terremotos, vandalismo, robos, etc.) que comprometan la infraestructura física de las instalaciones.

Incendio y otros riesgos

El lugar de almacenamiento debe estar equipado con equipos básicos para hacer frente a un incendio, como un extintor de incendios, EPP, detectores de humo, etc. El Plan de respuesta de emergencia debe desarrollarse en coordinación con las agencias locales responsables de incendios, terremotos, etc., para garantizar que el personal esté suficientemente informado, capacitado, equipado y preparado para manejar con seguridad tales emergencias. Para reducir el riesgo de incendio, los estantes de almacenamiento y otros equipos interiores, así como las propias instalaciones, deben construirse preferiblemente con materiales no combustibles.

En caso de incendio, los trabajadores deben ponerse primero el equipo de protección personal antes de extinguir el fuego. Retirar con cuidado los contenedores de almacenamiento de mercurio y desechos del fuego. Después de extinguir el fuego, es posible que sea necesario enfriar los contenedores con un aspersor de agua.

Capacitación de los trabajadores

El acceso al área de manejo y almacenamiento de mercurio debería estar restringido a personas capacitadas. Se recomienda una capacitación anual de actualización. La capacitación debe incluir los siguientes objetivos:

- Aprender sobre los efectos adversos del mercurio para la salud y el medio ambiente, especialmente los efectos sobre la salud de las mujeres y los niños. Por ejemplo, hay diferentes medios de exposición al mercurio, incluso a través de la piel por absorción, el estómago por ingestión y los pulmones por inhalación. La absorción de mercurio es alta para los pulmones (>80%) y menor para la piel (<3%) y el estómago (<1%).
- Aprender a manejar de manera segura el mercurio y los desechos de mercurio usando el equipo disponible (incluida la identificación, recolección, manipulación, etiquetado, almacenamiento, eliminación, etc.).
- Saber usar el equipo de protección personal, como mamelucos, protectores de ojos, guantes y protectores respiratorios, incluida la forma de manejar y desechar adecuadamente dicho equipo.
- Comprender la posible exposición al mercurio de situaciones típicas y cómo proteger a los trabajadores limitando el tiempo de exposición y usando equipo de protección personal.
- Estar familiarizado con el Plan de respuesta de emergencia de la instalación, y en particular con la información sobre el manejo de emergencia de derrames y desechos de mercurio.
- Saber cómo usar el equipo de derrame y cómo determinar qué tipo de incidente comprende una emergencia.
- Aprender por qué la instalación de almacenamiento de mercurio no debe utilizarse para almacenar ninguna sustancia que no sea mercurio.

- Apreciar porque el fumar o comer no está permitido en las instalaciones de almacenamiento.

Los trabajadores de la instalación deben usar un dispositivo personal de monitoreo de la exposición al mercurio, como una insignia colorimétrica o equivalente (descrita más adelante en la sección sobre EPP), para informarles si y cuándo deben preocuparse por su exposición al mercurio. Las trabajadoras que están embarazadas o que están dando de lactar deben evitar en lo posible las áreas de manejo y almacenamiento de mercurio. La instalación de almacenamiento de mercurio debe tener un seguro médico para los trabajadores, según lo exige la legislación nacional.

Los materiales de capacitación útiles incluyen "Peligros químicos en el sector del oro artesanal: Impactos del mercurio, cianuro y polvo de sílice en la salud humana y el medio ambiente" del Consejo del Oro Artesanal:

https://www.artisanalgold.org/wordpress/wp-content/uploads/2020/07/AGC_Health-brochure_Chemical-hazards-in-ASGM.pdf.

UNEP también ha publicado una serie de información útil en el sitio web del Convenio de Minamata:

<https://www.mercuryconvention.org/es/publications>

Contenedores de almacenamiento de mercurio

El mercurio elemental y los desechos de mercurio deben almacenarse por separado y cumplir con las disposiciones de DL 1278 y DS N° 014-2017-MINAM. Los diferentes tipos de desechos también deben almacenarse por separado: los materiales contaminados no líquidos (EPP, contenedores, trapos y otros), los líquidos contaminados (agua + mercurio y otros) y los desechos de mercurio elemental a granel (mercurio reutilizado y mercurio en bolsas de plástico) deben almacenarse en contenedores separados.

Los desechos de mercurio elemental y líquidos contaminados deben almacenarse en recipientes apropiados. Hay dos tipos principales de contenedores de acero para almacenamiento y transporte de mercurio líquido aprobados internacionalmente: frascos de 34,5 kg (aproximadamente 2,5 litros) y contenedores de una tonelada métrica (ver Figura 4). Las recomendaciones para los frascos de almacenamiento de acero incluye lo siguiente:

- Acero al carbono (ASTM A36 mínimo) o acero inoxidable (AISI 304 o 316L) es preferible.
- Los frascos metálicos deben tener la menor cantidad de soldaduras posible.
- La cinta de teflón® proporciona un sellado excelente y de bajo costo para la tapa del frasco.
- La pintura epoxi en el exterior del frasco evitará la corrosión y aumentará la vida útil del frasco.



Figura 4. Recipientes o frascos de acero de 34.5 kg y 1 tonelada para mercurio.

Cuando no se disponga de frascos de acero, podrán utilizarse otros tipos y tamaños de recipientes. El plástico HDPE es el mejor, idealmente con un grosor de 2 mm o más, que se usa comúnmente para contenedores de almacenamiento y latas de pintura (ver más abajo). Sin embargo, el mercurio elemental debe almacenarse únicamente en recipientes duraderos que sean:

- Lo suficientemente fuerte como para resistir daños si se cae desde una pequeña altura o durante el transporte en carreteras agrestes.
- Lo suficientemente fuerte como para soportar la masa de mercurio contenida
- Construido de un material que no reacciona con mercurio (por ejemplo, sin aluminio).
- No dañados por ningún material previamente almacenado en ellos.
- Limpio, seco y estructuralmente sólido.
- Si está hecho de metal, no debe estar corroído hasta el punto de que se puedan producir fugas si se golpea el área corroída.
- Ser hermético.

Al almacenar mercurio elemental en contenedores, es importante dejar algo de “espacio libre” para permitir la expansión térmica del mercurio. La relación máxima de llenado de un contenedor es del 80 por ciento por volumen, y por lo tanto el espacio libre debe ser de al menos el 20 por ciento (Referencias: 4,8,9).

Los materiales no líquidos contaminados con mercurio deben almacenarse en recipientes como cilindros o baldes con tapas herméticas (ver Figura 5), idealmente sellados con cinta de teflón o juntas de goma, que evitarán la liberación de vapor de mercurio.

Contenedores de almacenamiento temporal

El mercurio incautado o entregado en el campo no podrá estar contenido en recipientes inapropiados para su transporte o almacenamiento. Para evitar derrames, no se deben retirar cantidades más pequeñas de mercurio y otros desechos líquidos de los recipientes en los que se encuentran. En su lugar, deben colocarse dentro de dos bolsas de plástico sellables (idealmente bolsas de plástico limpias selladas con cinta de embalaje), una dentro de la otra, y luego colocarse en recipientes herméticos que estén llenos de suficiente material absorbente para absorber todo el mercurio derramado en el contenedor en caso de fuga.



Figura 5. Ejemplos de contenedores para fines de almacenamiento y transporte (a) contenedor de 60litros y b) contenedor de 4,5litros

Otros artículos que se pueden usar en lugar de gránulos o almohadillas absorbentes incluyen trapos, ropa vieja de algodón o lana, aserrín, etc.

En el caso de un derrame de mercurio en la instalación de almacenamiento o en otro lugar, se pueden generar aguas residuales contaminadas o desechos sólidos durante la limpieza que deberán almacenarse de manera segura.

Como se describe más adelante, el contenido (generalmente varios contenedores o paquetes más pequeños) de todos los contenedores de almacenamiento temporal en la instalación debe anotarse en un registro (cuaderno) a fin de mantener un registro básico de todos los desechos de mercurio almacenados, incluido el número de contenedor de almacenamiento, el número de paquete, el contenido básico y el peso de cada paquete, la fecha en que el paquete se colocó en el contenedor de almacenamiento temporal, y el nombre de la persona responsable. El registro debe mantenerse en un lugar seguro y actualizarse cuando cualquiera de los contenedores o desechos se transfieran o retiren de la instalación de almacenamiento.

Los contenedores más pequeños de desechos de mercurio deben colocarse en recipientes de almacenamiento más grandes a prueba de derrames. Algunas instalaciones utilizan congeladores horizontales para este propósito, ya son bien sellados y están ampliamente disponibles. Si está conectado a una fuente de energía, una temperatura más baja puede ayudar a minimizar cualquier vaporización de mercurio de un recipiente con fugas. Sin embargo, si se han tomado otras precauciones para evitar fugas de mercurio de los contenedores, y el borde de sellado debajo de la tapa del congelador horizontal está intacta, el aparato no necesariamente tiene que estar encendido. Además, si el congelador horizontal tiene un revestimiento de acero inoxidable duradero, esto sería ideal para el almacenamiento de mercurio, pero no obligatorio. En cualquier caso, el congelador debe estar forrado en el interior con trapos absorbentes como una capa adicional de protección contra derrames.



Figura 6. Congeladores horizontales.

Contenedores de almacenamiento a largo plazo

Cuando el mercurio se almacena durante períodos más largos en instalaciones que tienen suficiente capacidad (y montacargas disponibles para mover contenedores pesados), es común proporcionar contención secundaria para frascos estándar de 34,5 kg mediante el uso de cilindros de acero de 200 litros sellados con juntas de goma aprobados por la ONU. Cada cilindro debe estar claramente etiquetado, como se indica en una sección posterior, y almacenarse en grupos de cuatro cilindros sobre parihuelas. El procedimiento de embalaje propuesto es el siguiente:

- Colocar el cilindro sobre una parihuela.
- Colocar una bolsa de plástico en el interior del cilindro.
- Colocar el material de amortiguación dentro del cilindro que también funciona como una alfombra absorbente.
- Colocar los frascos de mercurio de 34,5 kg en el cilindro. Un cilindro no debe contener más de seis frascos, lo que da un peso bruto del cilindro de aproximadamente 220 kg.
- Insertar firmemente separadores de goma, esponja o cartón entre los frascos y el lado interior del cilindro.
- Sellar la bolsa de plástico interior y colocar la tapa del cilindro en la parte superior.
- Colocar la junta de goma y el anillo de sellado alrededor de la tapa del cilindro y apriete.

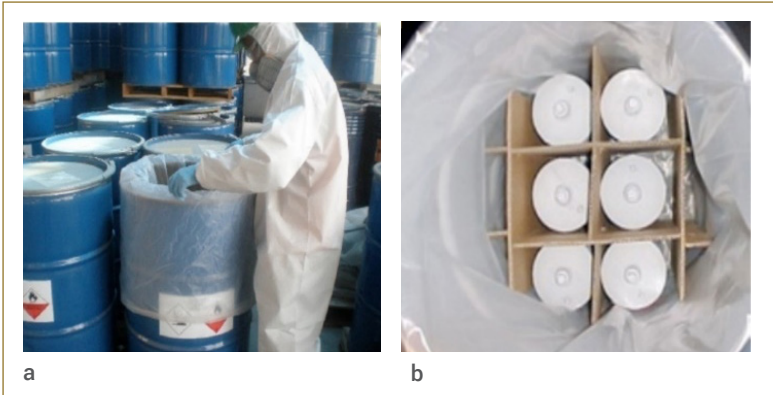


Figura 7. a) Cilindros de 200 litros en cada uno de los cuales se almacenan seis frascos de 34,5 kg de Hg, tal como se indica en la letra (b)

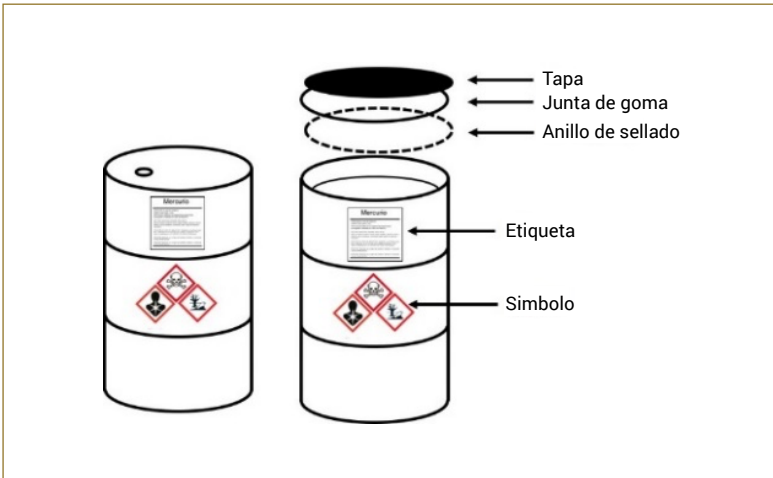


Figura 8. Piezas y marcas típicas en Cilindros de almacenamiento de 200 litros.

Áreas de almacenamiento

Los frascos metálicos que contengan mercurio elemental deben almacenarse en posición vertical sobre parihuelas, si están disponibles. Si no están en una parihuela, los cilindros podrían colocarse en un contenedor exterior, como una caja o un cilindro. Si los pequeños contenedores herméticos de desechos de mercurio no se almacenan en un congelador, pueden almacenarse en estantes de acero capaces de soportar la carga. Si hay corrosión u óxido en cualquier superficie metálica que pueda usarse para el almacenamiento, las superficies de los estantes deben estar recubiertas de epoxi para facilitar cualquier descontaminación posterior que pueda ser necesaria.

Del mismo modo, todas las superficies con grietas deben estar selladas y estar recubiertas de epoxi para facilitar la descontaminación.



Figura 9. Estante metálico para el almacenamiento de desechos de mercurio.

Etiquetado

Es necesario diferenciar entre etiquetado y documentación. El propósito del etiquetado es simplemente indicar que un contenedor contiene materiales peligrosos y representa un riesgo potencial para la salud humana y el medio ambiente durante el almacenamiento, la manipulación y el transporte. La documentación, por otro lado, se refiere a un sistema de mantenimiento de registros más completo, como se describe en una sección más adelante.


El etiquetado preciso y duradero de los materiales almacenados es absolutamente esencial. El etiquetado debe hacerse tan pronto como sea posible después de asegurar los materiales, ya que los contenedores sin etiquetar presentan un grave peligro potencial.

Como mínimo, cada frasco u otro recipiente debe indicar que contiene mercurio y advertir de su toxicidad. Además, cada frasco u otro recipiente debe indicar si contiene mercurio a granel, líquidos mixtos de mercurio o desechos sólidos contaminados con mercurio, ya que estas tres categorías de desechos de mercurio deben mantenerse en contenedores de almacenamiento por separado.

Si está disponible, etiquetado de materiales peligrosos estándar internacional (ver Figura 10) también deben colocarse en todos los contenedores que contengan mercurio y desechos de mercurio. Si las etiquetas impresas no están disponibles, estas imágenes pueden ser dibujadas a mano, preferiblemente en color negro y rojo.

Mercurio

PELIGRO



Mercurio
 No CAS 7439-97-6, UN 2809,
 GE III

H330 Mortal en caso de inhalación.
 H360D Puede dañar al feto.
 H372 Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de inhalación).

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.
 P280 No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.
 P284 [En caso de ventilación insuficiente.] llevar equipo de protección respiratoria.

P304+P340 EN CASO DE INHALACIÓN: transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

P403+P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

P403+P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Figura 10. Símbolos de peligro y riesgos de mercurio en el etiquetado típico.

Monitoreo e inspección

El monitoreo de la exposición al mercurio tanto para los trabajadores como para la instalación de almacenamiento debe llevarse a cabo periódicamente.

Para instalaciones de almacenamiento relativamente pequeñas con un presupuesto limitado, los trabajadores pueden usar insignias dosimétricas colorimétricas como se explica a continuación en la sección sobre EPP. Cuando los trabajadores no están de servicio, deben almacenar sus insignias de dosímetro en un edificio separado junto con una insignia de “control” que permanece en el lugar donde se almacenan las insignias de servicio activo cuando no están en uso. La gerencia debe tener cuidado de que la exposición al mercurio de los trabajadores nunca exceda los estándares de salud ocupacional.

Si el equipo apropiado está disponible y debidamente calibrado, el monitoreo del aire interior en las instalaciones de almacenamiento de mercurio debe realizarse regularmente para verificar si hay vapores de mercurio y proteger a los trabajadores en las instalaciones, especialmente antes y después de manipular mercurio. Si dicho equipo de monitoreo no está disponible, se pueden colocar distintivos colorimétricos o dosímetros similares en diferentes lugares de la instalación y verificarse periódicamente para determinar el nivel general de seguridad. Si los resultados muestran que se han excedido los límites de seguridad, se deben tomar medidas correctivas.

Además, monitorear la salud de los trabajadores y la calidad del aire de las instalaciones de almacenamiento; se deben realizar inspecciones visuales regularmente, preferiblemente cada mes, y se debe mantener un registro de los resultados. Las inspecciones deben incluir una prueba del sistema de seguridad del sitio, verificando si hay fugas, contenedores corroídos o rotos, métodos inadecuados de almacenamiento, ventilación, el estado del EPP

y el área de lavado, el contenido del kit de derrames y para garantizar que los registros estén actualizados. Las inspecciones también deben incluir el examen del área de manejo de mercurio, pisos y paredes para asegurarse de que el equipo y cualquier revestimiento estén en buenas condiciones. Un plan y presupuesto para el monitoreo y mantenimiento regular, debe estar claro antes de que la instalación comience a operar.

Como se describe a continuación, se debe mantener documentación sobre el monitoreo e inspección de rutina de las áreas de almacenamiento, centrándose especialmente en los daños, derrames y cualquier deterioro de los contenedores o equipos. También deben mantenerse registros de limpieza y descontaminación, incluida las alertas a las autoridades pertinentes. (Referencias: 1,4,8)

Documentación

A fin de garantizar la seguridad y la responsabilidad de la cadena de custodia, es importante documentar todos los desechos de mercurio y mercurio almacenados en la instalación. Como se mencionó anteriormente, los tres tipos principales de desechos de mercurio (mercurio a granel, líquidos mezclados con mercurio y desechos sólidos contaminados con mercurio) deben almacenarse en contenedores separados, y esto debe quedar claro en la documentación.

La documentación básica debe consistir en un registro que describa todo el mercurio y los desechos almacenados, incluido el número de contenedor de almacenamiento, el tipo de material en el contenedor, la fuente y el peso del material, la fecha en que el material se colocó en el contenedor y el nombre de la última persona que manipuló el material. En el caso de residuos sólidos contaminados con mercurio (por ejemplo, EPP contaminados) que pueden consistir en varios paquetes colocados en un contenedor de almacenamiento, cada número de paquete también debe anotarse en el registro. El registro debe mantenerse en un lugar seguro y actualizarse cuando cualquiera de los contenidos de los contenedores se transfiera dentro de la instalación de almacenamiento, o cuando los contenedores entren o salgan de la instalación de almacenamiento.

Cuando el mercurio y los desechos se transfieran fuera de la instalación de almacenamiento, los cierres de los contenedores deben sellarse con cinta adhesiva de tal manera que al abrirlos se rompa la cinta. Además, la persona responsable debe firmar la cinta sobre cualquier punto de ruptura y también sobre los extremos de la cinta para que la firma se escriba tanto en la cinta como en el contenedor. Además, cada contenedor debe etiquetarse con el tipo de mercurio o contenido de material, el peso del contenedor sellado y el contenido, la fecha en que se selló el contenedor y cualquier otra información clave de identificación y cadena de custodia.

Es esencial que se conserven copias impresas de todos los manifiestos, registros de custodia y transferencia, etc., durante al menos tres años. (Referencias: 1,4,7).

Inventario

De acuerdo con la legislación peruana, todo usuario de mercurio (persona natural o jurídica) debe estar inscrito en el Registro de Control de Bienes Fiscalizables (RCBF) de la SUNAT. Actualmente no existe una regulación que cubra el almacenamiento de mercurio, pero en Perú la SUNAT y FEMA tienen la responsabilidad oficial y la custodia de cualquier mercurio incautado. El registro descrito anteriormente comprende el inventario de mercurio de la instalación de almacenamiento, y debe verificarse periódicamente con los contenedores almacenados en la instalación para garantizar su exactitud. De conformidad con el Convenio de Minamata, cada año el inventario total de mercurio líquido y desechos que se encuentra en el lugar de almacenamiento debe notificarse al organismo gubernamental correspondiente.

Cierre de instalaciones

Cuando ya no se necesita una instalación de almacenamiento y se ha vaciado de todo el mercurio, desechos y materiales contaminados con mercurio, el área también debe vaciarse de todos los objetos extraíbles e inspeccionarse a fondo para detectar cualquier mercurio derramado, siguiendo los protocolos de limpieza de derrames. Los objetos removibles deben dejarse afuera, al sol si es posible, durante una semana para descontaminarlos. Una vez que se ha eliminado cualquier mercurio visible, todas las ventanas y puertas deben abrirse y los ventiladores de secado grande deben funcionar durante al menos una semana para ayudar a dispersar los vapores de mercurio residual, idealmente durante el clima cálido. Si es posible, se deben tomar medidas de aire, equipo y suelo para confirmar que el lugar no ha sido contaminado. Si hay contaminación, el lugar debe remediarse de acuerdo con las regulaciones pertinentes. Todas las superficies del edificio deben sellarse con dos capas de pintura antes de poner en servicio el espacio para nuevos usos. Para mayor precaución, incluso después de la remediación, el lugar nunca debe usarse para dormir, cocinar o comer.

Manipulación

Es fundamental que el mercurio se maneje de manera segura y de una manera que garantice su trazabilidad y seguridad. El primer filtro de seguridad es de la propia instalación de almacenamiento, como se presentó en la sección anterior. Esta sección describe los procedimientos para proteger y prevenir a los trabajadores de liberaciones de mercurio durante la recolección, recepción y transferencia del mismo a los contenedores apropiados.

Equipo de protección personal

La instalación de almacenamiento de mercurio debe tener un almacén para el equipo de protección personal (EPP). Esto debe incluir:

- Guantes impermeables de caucho natural, caucho de neopreno, caucho de nitrilo o PVC. El caucho grueso es el mejor. Si solo se dispone de guantes delgados (0,3 mm o menos), deben usarse en dos o tres capas.
- Lentes de seguridad u otros lentes protectores en caso de salpicaduras de mercurio.
- Fundas de zapatos desechables o botas de goma, idealmente con una punta de acero o reforzada.
- Overoles, delantales y otra ropa protectora que se puede desechar si está contaminada o colgar al sol después de su uso. El overol, el traje o el delantal deben cubrir la parte superior de la bota para que no pueda entrar ningún líquido. Nunca debe usarse ropa de calle o uniforme cuando se trabaja con mercurio.
- Protección respiratoria. Como mínimo, se deben usar máscaras quirúrgicas o máscaras de tela de varias capas en todo momento cuando se manipula mercurio, ya sea que esté contenido adecuadamente o no. En cualquier caso, es importante minimizar el tiempo de exposición potencial de cualquier persona al vapor de mercurio. Idealmente, se debe usar un respirador purificador de aire (con un cartucho de mercurio) cuando se manipula mercurio que no está en un recipiente sellado, y en las siguientes situaciones:
 - a) Durante las emergencias y la entrada en zonas de concentración desconocida de mercurio.
 - b) Durante la evaluación o instalación de otros equipos de control de mercurio.
 - c) En situaciones de trabajo donde los trabajadores hayan excedido los límites recomendados de exposición al mercurio.
 - d) Durante la limpieza, el mantenimiento, la reparación y otros trabajos en los que los controles existentes pueden no ser efectivos.

Algunos materiales y marcas comunes de EPP para el manejo del mercurio y la facilidad de limpieza incluyen caucho butílico, caucho natural, caucho de neopreno, caucho de nitrilo, cloruro de polivinilo (PVC), Viton®, Viton® / caucho butilo, Silver Shield® PE / EVOH, Tychem® BR / LV, Tychem® Responder® CSM, Tychem® TK y botas de goma “Wellington”.

El EPP contaminado debe aislarse en una bolsa de plástico hermética hasta que pueda colocarse en un cilindro de acero u otro contenedor. Los empleados no deben llevar a casa materiales, ropa o equipos contaminados con mercurio, ni se permiten dichos materiales en los vehículos a menos que estén asegurados en un recipiente hermético apropiado.

Los guantes de goma o sintéticos deben probarse antes de ponérselos para detectar roturas u otras fugas inflándolos (ver Figura 11).

Los trabajadores de una instalación de almacenamiento de mercurio deben usar una insignia de vapor de mercurio con clip (también conocida como monitor de aire personal o dosímetro) mientras están en la instalación de almacenamiento. Lo más práctico para este tipo de trabajo es una insignia que cambia de color de acuerdo con la exposición acumulativa al mercurio (por ejemplo, Morphix Technologies ChromAir® Insignias de detección química) durante el tiempo que un trabajador está expuesto. Se debe enviar un tipo¹ diferente de insignia a un laboratorio para su análisis con el fin de determinar la exposición acumulativa (por ejemplo, sensores químicos avanzados).

Como referencia, los límites ocupacionales de exposición al vapor de mercurio reconocidos en muchos países incluyen:

- **NIOSH** (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional) REL (Límite de exposición recomendado) = TWA (Promedio ponderado en el tiempo medido o calculado en relación con un período de referencia de 8 horas) 50 microgramos/m³
- **OSHA** (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) PEL (Límite de exposición permisible) = TWA 100 microgramos/m³
- **IOELV** de la Unión Europea (valor límite indicativo de exposición profesional)² = TWA 20 microgramos/m³

En comparación, el nivel de vapor de mercurio considerado como un “peligro inmediato para la vida o la salud” (IDLH) es 100 veces mayor que el PEL de OSHA a 10,000 microgramos / m³.

1 Una vez que el trabajador ha salido de la instalación de almacenamiento, para determinar la concentración media de mercurio durante el período de exposición, el trabajador identifica en la placa la celda más alta con un cambio de color y divide el nivel de dosis correspondiente (nivel de exposición multiplicado por horas de exposición) por el número de horas que el trabajador estuvo expuesto. Esto da la exposición promedio al mercurio en microgramos por metro cúbico. Para obtener más detalles, consulte <<https://www.morphtec.com/file/document/chromair/380018%20mercury-080919.pdf>>

2 DIRECTIVA 2009/161/UE DE LA COMISIÓN de 17 de diciembre de 2009 por la que se establece una tercera lista de valores límite indicativos de exposición profesional en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo y se modifica la Directiva 2000/39/CE de la Comisión.

Procedimiento para ponerse el EPP

Inspeccione todo el EPP en busca de daños y reemplácelos si el equipo está comprometido. Si es posible, póngase e inspeccione el equipo con un compañero para que cada persona pueda verificar el uso adecuado y el ajuste del equipo de la otra persona.

1. Retirar cualquier joya, reloj, teléfono móvil y otros artículos metálicos que puedan interactuar químicamente con el mercurio; también cubra cualquier marco de metal en los anteojos con una envoltura de plástico o cinta adhesiva antes de ponerse el EPP.
2. Ponerse el traje de protección/mameluco, colocando los pies con cuidado en la parte de la pierna / pie del traje para no romperlo.
3. Ponerse las botas y baje las piernas del traje sobre la parte superior de las botas.
4. Ponerse la protección respiratoria adecuada, asegurando un ajuste adecuado sobre la nariz y la boca.
5. Ponerse los lentes de seguridad.
6. Ponerse los guantes, asegurándose que estén subidos por encima de las mangas del traje.
7. Inspeccionar el EPP para garantizar la integridad y el ajuste adecuado del equipo.

Procedimiento para quitarse el EPP

Inspeccione el EPP en busca de daños o contaminación. Si es posible, retire el equipo con un compañero para permitir una inspección más minuciosa y para asegurarse de que se sigan los procedimientos de extracción adecuados.

1. Retirarse el delantal (si corresponde).
2. Quitarse los lentes de seguridad.
3. Retirarse el respirador.
4. Quitarse las botas.
5. Quitese los guantes.



Figura 11. Prueba de guantes de goma o sintéticos para detectar orificios u otras fugas.

6. Quitarse el traje o los overoles agarrándolos cuidadosamente por las superficies interiores para evitar tocar con las manos las superficies exteriores (posiblemente contaminadas).
7. Lavarse bien las manos.
8. Inspeccionar el EPP nuevamente y deseche o descontamine cualquier equipo que esté comprometido.



Figura 12. Principal equipo de protección personal (EPP) para el mercurio.

Equipo para derrames de mercurio

Cualquier derrame de mercurio o desechos contaminados con mercurio, incluso pequeñas gotas, debe considerarse peligroso y limpiarse con precaución. Los trabajadores deben prepararse para la limpieza obteniendo el equipo para derrames de mercurio (ver más abajo) y poniéndose el EPP necesario.

El equipo necesario para hacer frente a los derrames o liberaciones de mercurio elemental o desechos contaminados con mercurio debe mantenerse en un lugar de fácil acceso y en buen estado de funcionamiento. El equipo para derrame, el EPP y el área de lavado deben estar cerca del área de almacenamiento (pero no dentro).

El tipo de equipo disponible debe ser adecuado al tamaño de la instalación y a la cantidad de mercurio almacenado. Dicho equipo puede incluir materiales absorbentes, productos de reactivos químicos que se pueden aplicar a derrames de mercurio elemental para reducir su liquidez o movilidad, palas y otras herramientas para recoger materiales derramados y contenedores en los que colocar materiales limpios. Nunca use una aspiradora o escoba para limpiar un derrame de mercurio.³



Figura 13. Algunos materiales de limpieza ante derrames.

El equipo básico para derrames de mercurio debe incluir, en la medida de lo posible, los siguientes elementos:

- El procedimiento de limpieza
- Linterna
- Pequeña cuchara de plástico y recogedor
- 2 espátulas de silicona
- Pinzas
- Cuentagotas o jeringa (sin la aguja)
- Cinta adhesiva
- Etiquetas de "PELIGRO: RESIDUOS DE MERCURIO" para poner en los contenedores de residuos
- Bolsas de plástico herméticas y sellables (tamaños pequeños y grandes con un grosor de 2 a 6 mils (50 a 150 micras), como bolsas sellables y resistentes)

³ Una aspiradora no solo será difícil de descontaminar, sino que también calentará y difundirá más vapor de mercurio en el aire. Una escoba romperá el mercurio en gotas más pequeñas, aumentará la propagación del mercurio en el área y también aumentará el nivel de vapor de mercurio en el aire.

- Frasco hermético, resistente a los pinchazos, de plástico rígido o acero (no aluminio) u otro recipiente con una abertura amplia
- Frasco de acero de 2,5 litros
- Bolsas de residuos plásticos regulares con espesor de 2 a 6 mils (50 a 150 micras)
- Bandeja de plástico con esquinas y bordes redondos
- Agentes de supresión de derrames y vapores como polvo de azufre, escamas de zinc o cobre, almohadillas absorbentes comerciales o supresores de vapor de mercurio
- Cepillo para recoger polvo o escamas
- Hisopos empapados en alcohol, vinagre o peróxido
- Una hoja firmada que indique cuándo se usaron y repusieron los materiales



Figura 14. Materiales de supresión de derrames y vapores: a) virutas de cobre; b) polvo de azufre; c) bolsas de plástico sellables

Respuesta ante derrames de mercurio

Cada derrame de mercurio debe documentarse y, si hay más de unos pocos mililitros de mercurio, informar a las autoridades gubernamentales si así lo exigen las regulaciones locales. Si existe alguna incertidumbre sobre si un derrame debe notificarse a las autoridades, sería aconsejable informarlo. La documentación de cualquier derrame de mercurio debe incluir el tipo de mercurio o desechos de mercurio derramados, la ubicación, la dispersión y la cantidad aproximada de mercurio o desechos de mercurio derramados, la fecha, la hora, los nombres de las personas que observaron y documentaron el derrame, la proximidad del derrame a las viviendas y las zonas ambientalmente sensibles, y el procedimiento de limpieza empleado.

La familiaridad con los recursos de limpieza necesarios y los materiales de limpieza disponibles es fundamental para responder adecuadamente a un derrame de mercurio o desechos de mercurio. Si el derrame es pequeño y en una superficie no porosa (como linóleo o un piso pintado con epoxi), los trabajadores de la instalación pueden limpiarlo fácilmente y eliminarlo de una manera adecuada. Si el derrame es más grande o entra en grietas o hendiduras, puede ser necesario contratar a alguien con capacitación profesional si no hay experiencia especial disponible en la instalación de almacenamiento. Bajo ciertas circunstancias que deben describirse en el plan de respuesta de emergencia, puede ser aconsejable obtener la asistencia de personal profesional calificado de limpieza o monitoreo del aire, independientemente del tamaño del derrame.

Mientras tanto, hay una serie de cosas que NO se deben hacer en respuesta a un derrame de mercurio:

- NO usar una aspiradora o escoba para limpiar el mercurio derramado, simplemente esparcirán el mercurio más lejos y aumentarán la concentración de mercurio en el aire
- NO lavar la ropa o telas contaminadas en una lavadora, ya que contaminarán la máquina y las aguas residuales
- NO verter mercurio por el desagüe: contaminará el sistema de tuberías y el sistema de tratamiento séptico o de aguas residuales en los próximos años
- NO dejar que el mercurio caiga en la suela de sus zapatos, lo que esparcirá el mercurio a otras áreas: use cubiertas de zapatos desechables o descontamine sus zapatos

Protocolo de derrame de mercurio

Si un derrame de mercurio es menor (por ejemplo, unas gotas, termómetro roto, etc.) y puede ser limpiado fácil y adecuadamente por los trabajadores en la instalación, la gerencia debe ser informada y el derrame debe ser documentado, pero no hay necesidad de llevar a cabo todos los detalles del siguiente procedimiento, que puede usarse simplemente como orientación. Sin embargo, si un derrame de mercurio es más significativo, este procedimiento debe seguirse en la medida de lo posible.

1. Mantener la instalación segura hasta que la gerencia haya sido informada y autorice una respuesta.
2. Asegurarse que todas las personas que estuvieron cerca del derrame estén seguras y reciban el tratamiento médico necesario.
3. Retirarse los relojes y las joyas para evitar que el mercurio reaccione con cualquier metal.
4. Ponerse el EPP adecuado: delantal u overoles, cubiertas para zapatos, guantes de goma o nitrilo, protección ocular y respiratoria.
5. Encienda las campanas extractoras, ventiladores u otra ventilación, según esté disponible.
6. Verificar que la instalación este segura e identificar el alcance y la distribución del derrame.
7. Determinar la respuesta adecuada, incluida la posible necesidad de evacuar, la disponibilidad de personal y equipo capacitado y las posibles acciones inmediatas.
8. Si la limpieza está dentro de las capacidades del equipo en el sitio, proceder a limpiar el derrame como se indica a continuación. De lo contrario, seguir el plan de manejo de emergencia.
9. Llevar el kit de derrame al borde del área afectada.
10. Colocar un recipiente de boca ancha en la bandeja de plástico.
11. Comenzar en el borde exterior del derrame y limpiar hacia adentro hacia el centro del derrame.
12. Usar las pinzas para recoger vidrios rotos o material suelto contaminado y colóquelos en bolsas de plástico sellables.
13. Retirar las bolas visibles y los charcos de mercurio usando espátulas para deslizar el mercurio en el recogedor y luego en el recipiente.
14. Usar el cuentagotas o la jeringa para succionar pequeñas gotas de mercurio y expulsarlas cuidadosamente en el recipiente.
15. Encender la linterna en un ángulo bajo para ver los reflejos de pequeñas gotas de mercurio.
16. Usar cinta adhesiva para recoger pequeñas gotas y coloque la cinta con el mercurio en una bolsa de plástico sellable.
17. Espolvorear polvo de azufre, escamas de zinc o cobre, en las grietas del piso y superficies duras que hayan entrado en contacto con mercurio.

18. Usar un cepillo para recoger el polvo o las escamas y colóquelas en una bolsa de plástico sellable.
19. Limpiar el área afectada con hisopos empapados en vinagre o en peróxido.
20. Retirar el material blando contaminado, si lo hay, use un cuchillo para cortar alfombras, tapetes, etc. contaminados, y colóquelo en una bolsa o recipiente de plástico sellable.
21. Limpiar los desagües que puedan haber recibido aguas residuales contaminadas: recoja cuidadosamente el mercurio en la trampa de drenaje, transféralo a un recipiente hermético y luego reemplace la trampa.
22. Colocar todo el material contaminado en bolsas de plástico sellables a prueba de fugas para almacenar o desechar los desechos de mercurio.
23. Etiquetar y sellar todo el material contaminado almacenado.
24. Lavarse las manos y toda la piel expuesta con agua y jabón.
25. Ventilar el área del derrame con ventiladores para volatilizar el mercurio residual y soplar aire contaminado al exterior durante al menos 48 horas.
26. Aumentar las tasas de intercambio de aire durante varios días para instalaciones con ventilación central.
27. Realizar monitoreo médico para cualquier trabajador u otra persona que haya estado expuesta a altos niveles de vapor de mercurio.
28. Escribir un informe sobre el incidente del derrame y recomiende mejoras para prevenir futuros derrames.
29. Reemplazar el contenido del kit de derrame que se ha utilizado.

Un video muy útil en español (Limpieza y almacenamiento temporario de residuos de mercurio) sobre la preparación y respuesta a derrames de mercurio se puede ver en: <https://www.youtube.com/watch?v=Ry5SbkKv96o>

Protocolo de recolección de mercurio en el campo

Como se describe en la sección sobre “contenedores de almacenamiento temporal”, se recomienda volver a empaquetar los contenedores inadecuados o de calidad inferior en bolsas de plástico doblemente sellables dentro de un recipiente de plástico o metal con material absorbente. Esto debería evitar derrames durante el transporte desde el campo hasta la instalación de almacenamiento, y también sería apropiado para el almacenamiento provisional del material recibido y evitaría la necesidad de transferir mercurio líquido a otros contenedores. El siguiente protocolo detalla el proceso para recolectar mercurio de manera segura en el campo y llevarlo a una instalación de almacenamiento.

1. Al llegar a un sitio de recolección de mercurio, se debe preparar un área receptora cubierta y bien ventilada colocando un revestimiento de plástico grueso en el suelo. Los sacos de arena debajo de los bordes exteriores del plástico crearán paredes bajas sobre las cuales las gotas de mercurio no pueden escapar. El área receptora debe estar marcada con cinta de precaución y letreros que indiquen que solo se permite el personal autorizado en el área. Idealmente, el personal que ingresa al área receptora debe usar EPP completo (máscaras, trajes tyvek, botas, lentes de seguridad, etc.); sin embargo, si este equipo no está disponible, el personal debe tener mucho cuidado para minimizar la exposición al mercurio.
2. El área receptora debe tener una bandeja de plástico resistente (con esquinas redondas y fondo liso sin arañazos ni ranuras) en el que se coloquen contenedores de mercurio incautados. Junto a este, se colocarán recipientes limpios y vacíos de boca ancha, así como bolsas de plástico sellables.
3. La recolección debe hacerse en grupos de al menos dos personas para que uno pueda documentar el proceso y servir como monitor de cualquier acción que pueda justificar una limpieza posterior.
4. Se deben colocar trapos absorbentes en la parte inferior y a lo largo de los lados internos de los recipientes de boca ancha como relleno y prevención de posteriores derrames.
5. Todos los contenedores deben estar etiquetados con un número de identificación único y un peso en vacío.
6. El mercurio debe ser fotografiado en la bandeja de plástico en los recipientes en los que fue encontrado o confiscado. Las fotografías deben formar parte del expediente, junto con una foto de los documentos, y deben enviarse al próximo destinatario del mercurio.
7. El mercurio debe pesarse en una balanza colocada dentro del recipiente de plástico.
8. El mercurio debe conservarse en los recipientes en los que se encuentre, ya sean bolsas de plástico reutilizables o botellas de plástico o de otro tipo.

Los recipientes deben colocarse dentro de dos bolsas de plástico sellables, una dentro de la otra, y luego colocarlo en un recipiente con trapos absorbentes. Muchos artículos se pueden poner en el mismo recipiente, siempre y cuando no se llene más del 80% .

9. Los artículos en el contenedor deben separarse con trapos absorbentes y se pueden colocar otros materiales absorbentes o gránulos alrededor de ellos para llenar todos los vacíos. Esto evitará que se muevan durante el transporte y contendrá posibles derrames.
10. Los contenedores deben estar bien cerrados y sellados con cinta adhesiva y luego firmados y fechados de manera que indiquen si los contenedores se han abierto antes de llegar a su destino.
11. Los trabajadores que participen en el traslado deberán firmar la documentación o manifiesto de transporte para garantizar la exactitud de su contenido. El manifiesto debe indicar el peso de mercurio en cada contenedor y el código de identificación de cada contenedor. El manifiesto también debe incluir el lugar, la fecha y la hora de la transferencia, así como la fecha y el código de identificación de la operación de recolección o incautación. El manifiesto debe hacerse por duplicado para que una copia permanezca con el personal autorizado (PNP, DICAPI) o FEMA (organización incautadora) y la otra copia (mostrando cadena de custodia) permanezca con el mercurio hasta su disposición final.
12. Los contenedores deben colocarse en una caja que estén bien sujetas al vehículo de transporte. Los lados y la parte inferior de la caja deben cubrirse con trapos absorbentes que también se pueden usar para llenar los vacíos entre los contenedores para evitar que se muevan durante el transporte.

Protocolo de transferencia de recipientes de mercurio

Este protocolo tiene por objeto orientar al personal en situaciones en las que puede ser necesario tratar una cantidad más sustancial de mercurio en contenedores inadecuados. Si se siguen las directrices de la sección sobre “contenedores de almacenamiento temporal”, el reenvasado de un gran número de contenedores inadecuados podría ocupar una gran cantidad de espacio de almacenamiento, por lo que puede ser aconsejable transferir el mercurio a frascos de mercurio de acero estándar.

Por ejemplo, si las autoridades entraran en posesión de una cantidad significativa de mercurio durante una operación de incautación, y si no hay una instalación de almacenamiento de mercurio disponible localmente, se podría establecer un sitio especial de transferencia de mercurio utilizando el siguiente protocolo, que describe un proceso para transferir mercurio de manera segura desde contenedores inadecuados a frascos de acero en una instalación de almacenamiento provisional o en el campo:

1. El lugar de transferencia de mercurio debe realizarse en un área cubierta y bien ventilada colocando un revestimiento de plástico grueso en el suelo. Los sacos de arena debajo del borde exterior del plástico crearán paredes bajas para no dejar escapar las gotas de mercurio.
2. El área de transferencia de mercurio debe estar marcada con cinta de precaución y letreros que indiquen que solo se permite el personal autorizado en el área.
3. Todo el personal que ingrese al área debe usar el EPP completo.
4. El área de transferencia de mercurio debe tener una bandeja de plástico resistente (con esquinas redondas y fondo liso sin arañazos ni ranuras) en el que se coloquen los contenedores de mercurio incautados. Adyacente a este, se deben colocar los frascos de mercurio de 2.5 litros limpios y vacíos. Estos frascos deben etiquetarse con un número de identificación único.
5. El mercurio debe ser fotografiado en la bandeja de plástico en los recipientes en los que fue encontrado o confiscado. Las fotografías deben formar parte del expediente, junto con una foto de toda la documentación, y deben enviarse al siguiente destinatario del mercurio.
6. El mercurio en los recipientes en los que se encontró o confiscó debe pesarse en una balanza colocada dentro de la bandeja de plástico. Luego se deben pesar los recipientes vacíos para determinar el peso neto del mercurio.
7. Se debe utilizar un embudo de acero inoxidable para transferir el mercurio de los recipientes inadecuados a los frascos de mercurio.
8. La transferencia cuidadosa del mercurio líquido debe hacerse en grupos de al menos dos personas para que uno pueda documentar el proceso y servir como monitor de cualquier acción que pueda justificar una limpieza posterior.
9. Las bolsas de plástico vacías, botellas y otros recipientes en los que se encontró el mercurio deben colocarse en una bolsa de basura sellada, etiquetarse como desechos tóxicos y enviarse junto con el mercurio.
10. Una vez que el mercurio se ha transferido a los frascos seguros, los frascos deben sellarse con etiquetas de seguridad a prueba de manipulaciones, como las que se utilizan para asegurar los frascos de mercurio en la industria formal de la minería de oro.
11. Todos los pesos de mercurio y contenedores deben registrarse en los formularios del manifiesto de transporte, así como los nombres y firmas de todas las partes involucradas en la operación de transferencia.
12. Los frascos de mercurio deben embalarse para el transporte y la(s) caja(s) marcada(s) con el número y los códigos de identificación de todo el contenido. Los manifiestos deben colocarse en la(s) caja(s) con el mercurio y sellarse con etiquetas a prueba de manipulaciones que deben estar intactas en el momento de la entrega.

Trazabilidad y balance de masa

Se debe realizar y registrar un balance de masa de los desechos de mercurio retenidos, transferidos, transportados y recibidos en cada cambio de custodia (teniendo en cuenta cualquier emisión o pérdida, con justificaciones cuando sean significativas). Esto implica pesar cada contenedor y asegurarse de que coincida con el peso cuando se envía. El pesaje debe realizarse en un área bien ventilada en un banco de trabajo e idealmente debajo de una campana extractora. Los sellos a prueba de manipulaciones deben inspeccionarse para asegurarse de que el contenedor no se haya abierto ni se haya perturbado el contenido. Los registros de seguimiento son mantenidos por cada uno de los actores involucrados para permitir que las autoridades locales y / o nacionales inspeccionen la cadena de custodia desde el titular inicial hasta el destino final.

Los manifiestos de transporte estándar enumeran toda la información importante requerida para rastrear los envíos. Cuando el mercurio se envasa para su almacenamiento en el mismo sitio, el contenido del envase debe registrarse y las copias deben conservarse con el propio envase, así como en los archivos administrativos de la instalación. Si no se especifica un método estándar de mantenimiento de registros, a continuación, se muestran los registros mínimos que deben conservarse.

Fecha	Ubicación de la colección	Nombre del recopilador y organización
11 diciembre 2020	Puerto Maldonado	Álvaro Sánchez

Comentarios:

Número de etiqueta de seguridad	Peso total	Descripción
90304456	24 kg	Tres pequeñas botellas de mercurio.
90304457	15 kg	Bolsas de plástico de mercurio, objetos contaminados con mercurio.

Tabla 1. Registros básicos para el seguimiento de un envío de mercurio.

El mercurio a menudo se transporta en paquetes pequeños debido a su densidad, y los formularios de manifiesto de papel estándar tienen un número limitado de filas. Por lo tanto, es posible que se deban utilizar varios formularios de manifiesto, en cuyo caso se debe incluir el número total de formularios de manifiesto en el envío de cada formulario por ejemplo, "Formulario 1 de 4".

Transport

Es fundamental que el mercurio se gestione de manera segura y se garantice su trazabilidad y seguridad. Las operaciones de almacenamiento y manipulación de mercurio se han tratado en las secciones anteriores. En esta sección se describen los procedimientos para proteger a los trabajadores de la contaminación de mercurio durante su transporte.

Reglamentos y registros

De acuerdo al marco regulatorio en el Perú, el mercurio está en la lista de materiales peligrosos y es un producto controlado; por lo tanto, cualquier empresa que transporte mercurio o desechos de mercurio debe cumplir con una serie de regulaciones y condiciones con respecto al transporte de materiales peligrosos:

De acuerdo con la Ley N° 28256, el mercurio y los residuos de mercurio deben ser manejados de acuerdo con la norma DS 021-2008-MTC (Aprueban Reglamento Nacional de Transporte de materiales y residuos peligrosos), que impone las siguientes restricciones:⁴

- Todas las empresas que transporten mercurio deben estar inscritas en el Registro de Control de Bienes Fiscalizables (RCBF) que administra la Superintendencia Nacional de Administración Aduanera y Tributaria (SUNAT).
- Todas las empresas que transporten mercurio deberán estar en posesión de un permiso especial de operación para prestar Servicio de Transporte Terrestre de Materiales Peligrosos y/o Desechos por Carretera, otorgado por la Dirección General de Transporte Terrestre (DGTT); cada vehículo de transporte de mercurio debe volver a registrarse cada 5 años.
- Cada vehículo de transporte de mercurio deberá estar equipado con un sistema de rastreo GPS para indicar su ubicación en un momento dado.
- Todas las empresas que transportan mercurio deben contar con un Plan de Contingencia aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), como se describe a continuación.
- Los vehículos que transporten mercurio deberán exhibir en los cuatro lados del vehículo las etiquetas de riesgo y los paneles de seguridad adecuados que indiquen el transporte de materiales y/o residuos peligrosos.
- Toda empresa que envíe mercurio a otro destino deberá proporcionar previamente a la empresa de transporte una Guía de remisión elaborada de acuerdo con las normas emitidas por la SUNAT, así como la Hoja de Datos de Seguridad de Materiales de Mercurio (MSDS), en español.
- Cualquier vehículo que lleve mercurio a otro destino debe tener un plan de transporte, como se describe a continuación.
- Cada empresa de transporte de mercurio debe tener un seguro que cubra posibles incidentes personales, materiales y ambientales durante el transporte.

4 DS 021-2008-MTC se basa en el Reglamento Modelo de las Naciones Unidas para el Transporte por Carretera y Ferrocarril de Mercancías Peligrosas (ONU # 2809 Clase 8, Riesgo subsidiario 6.1, Grupo de embalaje III).

El reglamento modelo de las Naciones Unidas para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril sugiere el siguiente etiquetado para el transporte de mercurio:

- Los pictogramas GHS06, GHS08 y GHS09 deben colocarse en los recipientes utilizados para el transporte de mercurio.
- Como se detalla más adelante, deben colocarse en el vehículo de transporte etiquetas que indiquen corrosivos de clase 8 y clase 6.1 tóxicos (así como el pictograma “pez y árbol” recomendado por el Reglamento modelo de las Naciones Unidas).

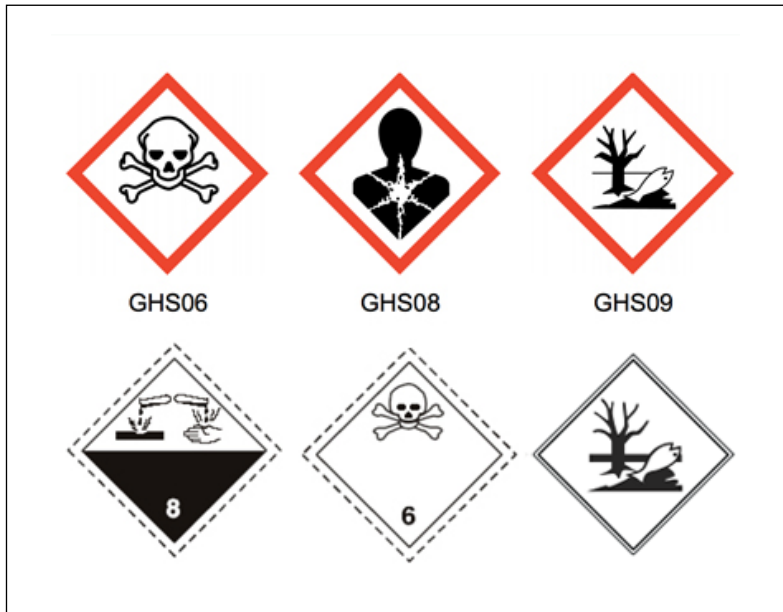


Figura 15. Ejemplos de marcado y etiquetado de mercancías peligrosas: GHS06, GHS08, GHS09, Clase corrosiva 8, Clase 6.1 Tóxico, pictograma “pez y árbol”.

Plan de contingencia

Antes de iniciar operaciones, cualquier empresa que transporte mercurio debe tener un plan de contingencia. El plan de contingencia debe ser aprobado por la Dirección General de Asuntos Socioambientales (DGASA) del MTC. El plan de contingencia detalla todos los procedimientos necesarios para transportar mercurio, e incluye un plan de gestión de emergencias que describe las medidas que se tomarán para minimizar los impactos ambientales asociados con accidentes de vehículos, derrames, incendios y otros posibles incidentes.

Especificaciones del vehículo

Todo vehículo utilizado para el transporte de mercurio debe cumplir con todos los requisitos indicados en el Reglamento Nacional de Vehículos, incluidas sus modificaciones. Los vehículos utilizados para el transporte de mercurio también deben estar equipados con elementos básicos para la respuesta de emergencia, como un extintor de incendios, ropa de protección, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipo ante derrames, equipo de recolección y limpieza y material absorbente. Además, las disposiciones especiales de la legislación peruana relativas al transporte de sustancias peligrosas exigen que un extintor de incendios esté ubicado en la cabina, y que se coloque un segundo extintor de incendios cerca de la carga de mercurio. Los requisitos generales para el vehículo de transporte incluyen:

- Registro adecuado.
- Inspección válida o control periódico equivalente.
- Diseño cerrado, tamaño adecuado para la carga prevista.
- Mampara entre la cabina del conductor y la carrocería del vehículo.
- Sistema para mantener la carga segura durante el transporte.
- Equipo ante derrames, botiquín de primeros auxilios y extintores de incendios.
- Señalización apropiada de transporte de materiales peligrosos.
- Plan de ruta, plan de contingencia y teléfono de emergencia.
- Equipo GPS para el monitoreo permanente del vehículo desde el origen hasta el destino, y la comunicación efectiva con la base del transportista.
- Medidas a prueba de manipulaciones para garantizar que el contenido del vehículo de transporte no se haya abierto ni perturbado.

Plan de transporte

Antes de iniciar el viaje, el conductor debe tener un plan de transporte que incluya lo siguiente:

- Hora de salida.
- Hora prevista de llegada al destino final.
- Plan de ruta autorizado por el MTC.
- Información sobre la seguridad de los materiales para el mercurio.
- Lista de números telefónicos de emergencia del destinatario, así como comités regionales y / o atención de emergencia local, ubicados a lo largo de la ruta de transporte.
- Lista de puntos de control a lo largo de la ruta autorizada, donde la SUNAT y otras agencias verifiquen la documentación.

El conductor deberá cumplir con los horarios establecidos para el transporte de carga peligrosa, y controlará las velocidades en lugares de alto riesgo. El vehículo y la carga deben inspeccionarse en las paradas obligatorias indicadas en el plan de ruta, así como el estado físico del conductor (especialmente para garantizar la no fatiga). Se deberá informar periódicamente con imágenes de apoyo el avance del vehículo de transporte, así como cualquier incidente o evento que ocurra en la ruta. En caso de un incidente o emergencia, la situación debe ser evaluada y las acciones tomadas de acuerdo con el plan de contingencia. Las autoridades provinciales deben identificar rutas alternas en áreas urbanas, así como lugares de aparcamiento en la red vial provincial.

Plan de manejo de emergencias

El Plan de Contingencia mencionado anteriormente, y requerido por la reglamentación gubernamental, incluye una matriz para la identificación de peligros y riesgos potenciales durante el transporte, y describe cómo se gestionarán dichos riesgos. Dentro del Plan de Contingencia, la empresa de transporte debe desarrollar un plan de gestión de emergencias, que incluya medidas predictivas, preventivas y reactivas más detalladas para hacer frente a cualquier incidente previsible durante el transporte de mercurio, incluida la carga y descarga de vehículos, y para mitigar el impacto de cualquier incidente sobre la población y el medio ambiente. Si sobre durante el transporte se produce un incidente, el transportista y, en su caso, el remitente de los materiales peligrosos es responsables de:

- a) Ejecutar el plan de manejo de emergencia.
- b) Reportar el evento al DGAAM del MTC, quien coordinará la respuesta con las autoridades pertinentes.
- c) Dentro de los 2 días posteriores al evento, presentar un informe escrito del evento y las medidas de respuesta de emergencia tomadas.
- d) Dentro de los 7 días hábiles posteriores al evento, enviar a la DGASA del MTC un informe sobre las medidas adoptadas para remediar cualquier daño, utilizando un formulario oficial preestablecido. Dependiendo de la naturaleza y gravedad del evento, se clasificará formalmente como un incidente, una emergencia o una crisis.

Como recurso útil, la Guía de Respuesta a Emergencias (en línea)⁵ es ampliamente utilizada por bomberos, policías y otros servicios de emergencia que generalmente son los primeros en llegar a la escena de un incidente de transporte de materiales peligrosos.

5 La Guía de Respuesta a Emergencias 2020 de PHMSA (Administración de Seguridad de Tuberías y Materiales Peligrosos del Departamento de Transporte de los Estados Unidos) proporciona a los socorristas un recurso de referencia para ayudar a lidiar con accidentes de materiales peligrosos durante los primeros 30 minutos críticos.

Etiquetado de vehículos

Los pictogramas básicos de vehículos para el mercurio son Corrosivo Clase 8 y Clase 6.1 Tóxico, y la ONU también recomienda el pictograma “pez y árbol”. Los paneles deben estar hechos con material reflectante, de color blanco y negro, 25 cm por 25 cm como mínimo, y deben instalarse en un lugar visible en los cuatro lados del vehículo de transporte:

- Clase 8: Dos tubos de ensayo que gotean sobre una placa metálica y una mano, incluyendo la palabra CORROSIVO y el número 8 correspondiente a la clase de peligro.
- Clase 6: Cráneo y tibias cruzadas, la palabra TÓXICO y el número 6 en la parte inferior.



Figura 16. Paneles que se exhibirán en un vehículo de clase 8 (6.1): Corrosivo clase 8, clase 6.1 Tóxico, pictograma “pez y árbol”.

La otra etiqueta requerida es un identificador de la ONU correspondiente al mercurio, es decir, el número 2809 en pintura reflectante, con fondo naranja, números negros y bordes negros. Esta etiqueta debe instalarse en la parte delantera y trasera del vehículo.

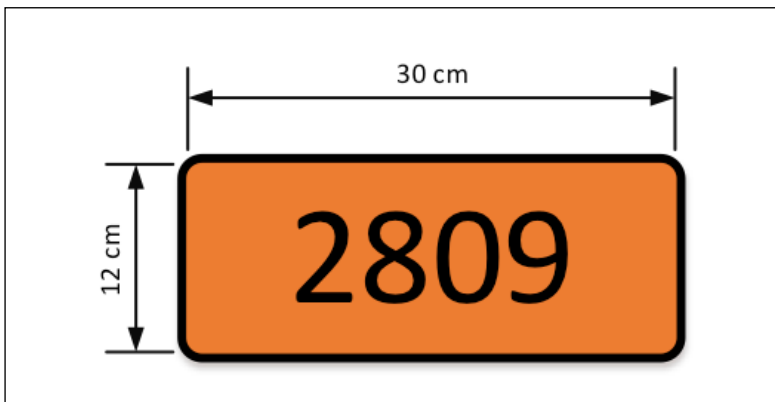


Figura 17. Etiqueta de identificación de la clase de vehículo.

Seguimiento

Lista de verificación

Antes de partir, todos los vehículos deben ser inspeccionados por los equipos de seguridad o emergencia para garantizar que los vehículos estén en condiciones de trabajo adecuado y que el personal tenga suficiente EPP y otros recursos para atender posibles incidentes. Se debe realizar una lista de verificación y el grupo de inspección debe documentar los resultados de la inspección de acuerdo con la lista de verificación. También debe haber un programa de inspección y mantenimiento para el equipo de emergencia. En general, el EPP en los vehículos de transporte debe inspeccionarse cada 30 días para asegurarse que haya EPP apropiado y disponible.

Registros

Todos los contenedores que se envíen deben ser a prueba de manipulaciones y marcados con códigos de identificación únicos que se registran en un manifiesto oficial para permitir la verificación y evitar la manipulación. Como mínimo, la tapa del recipiente debe estar pegada con cinta adhesiva a través del sello, firmada y fechada en el borde de la tapa y los bordes de la cinta de manera que parte de la firma esté escrita en el propio contenedor.

El transporte de mercurio requiere documentación detallada desde la salida hasta el destino final. Los registros de las instalaciones de almacenamiento o de campo deben mostrar el peso del mercurio y/o los desechos de mercurio antes del transporte. Un manifiesto o una carta de consignación acompaña el movimiento del mercurio y muestra la cadena de custodia. La cadena de custodia muestra las firmas de las personas que manipularon el mercurio y/o los desechos desde el cargador hasta la instalación de destino, así como los nombres de los administradores que representan al remitente, el transportista y la instalación de destino. Estos deben conservar las copias de manifiesto o nota de embarque, entre otros documentos, incluido:

- Vehículo: matrícula del vehículo, tipo y carrocería del vehículo, tarjeta de propiedad del vehículo.
- Carga: materiales transportados, número ONU, cantidad, peso, nombre de la parte que realiza el envío, región de origen, región de destino, certificación que el envío cumple con todas las especificaciones.
- Incidencias y emergencias: número de teléfono de respuesta a emergencias, y un registro de cualquier incidencia durante el transporte.

Como parte de la cadena de custodia, se debe realizar un balance de masa de los desechos de mercurio transportados en cada cambio de custodia, justificando cualquier cambio o variación en el peso y la seguridad, en el envío, entre otros. Esto implica pesar cada contenedor y asegurarse de que coincida con el peso cuando se envía. Los sellos a prueba de manipulaciones u otros

sellos deben inspeccionarse para asegurarse de que el recipiente no se abrió y el contenido no se alteró. Como se mencionó anteriormente, los registros de seguimiento, son mantenidos por cada una de las partes involucradas para permitir a las autoridades locales y / o nacionales, si lo desean, rastrear el envío desde el remitente inicial hasta el destino final.

A su llegada al destino final, el vehículo de transporte debe ser inspeccionado visualmente en busca de fugas evidentes u otros signos de mercurio elemental, y cualquier sospecha de fuga de mercurio debe documentarse y notificarse de conformidad con los procedimientos pertinentes.

Protocolo de transporte

De acuerdo con la guía, el protocolo básico para iniciar el transporte de mercurio puede resumirse como sigue:

1. Verificar que el mercurio y los desechos de mercurio que se vayan a transportar cumplan los requisitos para su aceptación en la instalación de destino.
2. Verificar la cantidad (masa) de mercurio elemental y desechos a transportar.
3. Verifique el tipo y el número de paquetes que se enviarán.
4. Asegurar de que se cumplan todas las reglamentaciones nacionales para el envío y el tipo de embalaje. Estos incluyen, entre otros, requisitos de masa, requisitos de nivel de llenado de contenedores y requisitos de cierre.
5. Marcar y etiquete los contenedores cargados de la siguiente manera:
 - Indique el contenido y el peso
 - Indique el número de identificación de mercurio de las Naciones Unidas 2809
 - Proporcione los nombres y direcciones del remitente y destinatario
 - Para el mercurio líquido, la etiqueta "Corrosivo" debe colocarse cerca de estas marcas, si las dimensiones del contenedor son lo suficientemente grandes
 - Si se transportan residuos de mercurio, se debe aplicar la siguiente etiqueta, y debe permanecer visible en todo momento durante el transporte:

RESIDUOS PELIGROSOS
LA LEY NACIONAL PROHÍBE LA ELIMINACIÓN INADECUADA
Si lo encuentra, comuníquese con la policía o la autoridad de seguridad
pública más cercana.

6. Colocar los contenedores marcados/etiquetados sobre parihuélas apropiadas.
7. Verificar que la información en el manifiesto y todos los demás formularios administrativos estén completos y que todas las partes conserven copias.
8. Notificar a la instalación de destino del envío realizado.
9. Asegurar de que el transportista conozca y esté calificado para transportar residuos peligrosos y cumpla con todas las especificaciones relevantes.
10. Enviar el mercurio y/o los desechos de mercurio a la instalación de destino especificada en el manifiesto, y asegurar que la ruta y el destino final no cambien EXCEPTO después de la comunicación previa y la aprobación de SUNAT.

Bibliografía

1. Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contienen mercurio o están contaminados con mercurio, 10ª reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación; Cartagena, Colombia, octubre de 2011.
<http://www.basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW-GUID-PUB-Mercury.English.pdf>
2. Guía para el almacenamiento de residuos con mercurio, MVOTMA, November 2017.
https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Guia_para_el_almacenamiento_de_residuos_con_mercurio.pdf
3. Guía para el almacenamiento a corto plazo de mercurio elemental por procesadores de mineral, mayo de 2019.
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/05/f62/Guidance-for-Short-Term-Hg-Storage-May-2019.pdf>
4. Directrices sobre el almacenamiento provisional ambientalmente racional de mercurio distinto del mercurio residual, UNEP/MC/COP.2/5/Rev.1, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 18 de diciembre de 2018.
<https://undocs.org/en/UNEP/MC/COP.2/5/REV.1>
5. Libro práctico sobre almacenamiento y eliminación de desechos de mercurio, PNUMA, ISWA, 2015.
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9839/-Practical_Sourcebook_on_Mercury_Waste_Storage_and_Disposal-2015Sourcebook_Mercruy_FINAL_web.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y
6. Vídeo de capacitación sobre desechos de mercurio en hospitales, atención médica sin daños, 2014. <https://www.youtube.com/watch?v=1028wl8f8EA>
7. Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el transporte de mercancías peligrosas - Reglamento Modelo, Rev. 21 (2019), Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2019. <https://unece.org/rev-21-2019>
8. Directrices provisionales del Departamento de Energía de EE. UU. sobre embalaje, transporte, recepción, gestión y almacenamiento a largo plazo de mercurio elemental, Laboratorio Nacional de Oak Ridge para el Departamento de Energía de EE. UU., Oficina de Gestión Ambiental, Washington, D.C., 13 de noviembre de 2019.
<https://energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f15/Elementalmercurystorage%20Interim%20Guidance%20%28dated%202009-11-13%29.pdf>
9. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. <https://www.epa.gov/mercury>
10. MÓDULO 20: Gestión y almacenamiento de residuos de mercurio, Proyecto Mundial de Residuos Sanitarios, PNUD, FMAM, OMS, UIC.
https://www.who.int/water_sanitation_health/facilities/waste/module20.pdf?ua=1
11. Orientación sobre la limpieza, el almacenamiento temporal o intermedio y el transporte de residuos de mercurio de las instalaciones sanitarias, Proyecto global de residuos sanitarios del PNUD-GEF, julio de 2010 https://noharm-global.org/sites/default/files/documents-files/1030/GEF_Guidance_Cleanup_Storage_Transport_Mercury.pdf
12. Decreto Supremo N° 021-2008-MTC - Aprueban el reglamento nacional de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, Ministerio del Ambiente, Peru.

