

**PROYECTO de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, para quedar como Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-157-SEMARNAT-2023, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

ALONSO JIMÉNEZ REYES, Subsecretario de Regulación Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales con fundamento en los artículos 4o., párrafo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 32 Bis, fracciones I, III, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 2, fracciones III, VI, VIII y IX; 7, fracción III; 16, 17, 27, fracciones I, II y V y 32 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos; 33 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos; 10, fracción VIII, 24, 28, 34, 35, fracciones III, IV y V, 38, 39, 41 y Tercero Transitorio de la Ley de Infraestructura de la Calidad; 28 y 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 17, fracciones VII, VIII y IX del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

**CONSIDERANDO**

Que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 4o., quinto párrafo establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar y es obligación del Estado garantizar el respeto a este derecho y que el daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la Ley aplicable.

Que la misma Constitución Federal, mandata en el artículo 27 párrafo quinto lo relativo a la propiedad de las tierras y aguas, las cuales corresponden originariamente a la Nación, quien tendrá en tiempo el derecho de regular en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar su conservación, por lo que en consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, preservar y restaurar el equilibrio ecológico y evitar la destrucción de los recursos naturales.

Que la minería es una actividad que se caracteriza por su alto volumen de generación de residuos, algunos de ellos potencialmente tóxicos, los cuales pueden constituir un riesgo a la salud y al medio ambiente, en caso de ser manejados de manera inadecuada (CEPAL, 2022). Por tal motivo, resulta imprescindible expedir las regulaciones para quienes generen o posean residuos mineros, que establezcan los elementos y procedimientos que se deben considerar al formular y aplicar los planes de manejo de residuos mineros.

Que en el caso de las actividades mineras, la composición de los residuos puede variar de acuerdo con la mineralogía del yacimiento y el proceso de beneficio utilizado, por lo que se deberán caracterizar para identificar su peligrosidad, de tal manera que en el manejo se considere cualquier elemento que pudiera generar un riesgo a la salud de las poblaciones aledañas, así como al ecosistema (CEPAL, 2022).

Que el 25 de septiembre 2015 los miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en el marco de la Agenda para el Desarrollo Sostenible, adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales tienen como principales metas promover el crecimiento sostenible, mediante la diversificación, modernización tecnológica e innovación, producción, consumos eficientes de los recursos, procurando desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente.

Que, de manera específica, el ODS 9, Industria, innovación e infraestructura, consiste en construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación, toda vez que el desarrollo de procesos eficientes es proporcional a la disminución de residuos. Por su parte, el ODS 12, Producción y consumo responsables, consiste en garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

Que al garantizar la producción y consumo sostenibles en las actividades mineras, se pretende asegurar la prevención de la generación y valorización de los residuos mineros, a través de los planes de manejo de los mismos, diseñados y aplicados de conformidad con el presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

Que por lo anterior, el presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-157-SEMARNAT-2023, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, tiene

por objeto promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos, así como alentar su manejo integral a través de nuevos procesos, métodos y tecnologías que sean económica, técnica y ambientalmente factibles, a través de los planes de manejo de dichos residuos.

Que la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en su artículo 5, fracción XXI, establece como instrumento de la política en materia de prevención y gestión integral de los residuos, a los planes de manejo, cuyo objetivo es minimizar su generación y maximizar su valorización, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

Que los artículos 7, fracción III y 16 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, faculta a la Federación para expedir las normas oficiales mexicanas para regular el manejo integral de los residuos de la industria minera; así como establecer la clasificación de los residuos mineros, la forma de determinar sus características y los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos.

Que de conformidad con el artículo 17 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los residuos de la industria minera son de regulación y competencia federal y están sujetos a los planes de manejo previstos en la misma.

Que los planes de manejo constituyen un instrumento cuyo diseño atiende los principios previstos en el artículo 2, fracciones VI y VIII de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, promoviendo la valorización de los residuos mediante su aprovechamiento como insumos en las actividades productivas y limitando la disposición final para aquéllos cuya valorización o tratamiento no sea económica, técnica y ambientalmente factibles; por lo que con objeto de lograr el manejo integral de los residuos mineros, debe considerarse su alto volumen, su capacidad de valorización, y como última opción, su disposición final.

Que de conformidad con el artículo 32 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se establecen los elementos y procedimientos para formular los citados planes, los que determinan el tipo de residuo(s) objeto del plan de manejo, sus características químicas y volúmenes de generación, las acciones para su minimización, valorización o aprovechamiento, los mecanismos de evaluación y mejora del plan, así como las técnicas de manejo integral de residuos.

Que con fundamento en la fracción III del artículo 33 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, las formas de aprovechamiento y valorización de los residuos mineros se aplicarán cuando sea posible.

Que la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de agosto de 2011, en la cual se establecen especificaciones que se deben considerar al formular los planes de manejo de los residuos mineros, y criterios generales que, respecto de estos planes de manejo, orienten su elaboración, determinen las etapas que cubrirán y definan la forma de manejo.

Que derivado de la revisión sistemática de la NOM-157-SEMARNAT-2009 realizada en 2021, se determinó procedente su modificación, a fin de revisar el numeral que clasifica los residuos mineros para incluir, conservar y eliminar aquellos que por sus características deben ser objeto de plan de manejo de residuos mineros; por lo que, la modificación de la NOM-157-SEMARNAT-2009 fue inscrita en el Programa Nacional de Infraestructura de la Calidad 2022, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de febrero de 2022.

Que en el presente Proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, se prevé actualizar el listado de residuos mineros, excluyendo aquellos que no son exclusivos de los procesos mineros, en particular ladrillo refractario, lonas filtrantes, catalizador gastado y carbón activado, debiendo reclasificarse en su caso como residuos peligrosos o de manejo especial; por otra parte, se incluyeron otros residuos propios de la actividad minera, tales como material producto de la desagregación, trituración y clasificación del mineral, sulfatos simples o complejos, carbonatos de calcio o magnesio y arcillas.

Que se elimina del Objetivo y campo de aplicación la exclusión a los residuos provenientes de los procesos metalúrgicos establecidos en el artículo 32 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos; toda vez que los procesos señalados en las fracciones VIII, IX, X y XII de dicho artículo, generan escorias, o lodos o precipitados, residuos considerados en la NOM-157-SEMARNAT-2009.

Que, en atención a lo anterior, dichos residuos deben ser caracterizados de acuerdo con las especificaciones aplicables a los residuos mineros, ya que contienen elementos metálicos como arsénico (As), cadmio (Cd), antimonio (Sb) y selenio (Se), mismos que pueden ser tóxicos y provocar daños al ambiente.

Que con el propósito de atender a las particularidades de los residuos mineros, el presente Proyecto incluye la alternativa de un estudio integral en la caracterización de los residuos mineros, generando información detallada y precisa para pronosticar los posibles daños ambientales asociados a la peligrosidad potencial de los residuos con el fin de remediar oportunamente el medio afectado; así como determinar las actividades de manejo integral que promuevan una menor generación de residuos.

Que en cumplimiento a lo previsto por el artículo 34 de la Ley de Infraestructura de la Calidad, el presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-157-SEMARNAT-2023 establece un Procedimiento de Evaluación de la Conformidad que permitirá demostrar el cumplimiento de las especificaciones relativas a los elementos y procedimientos a considerar en la elaboración de un plan de manejo de residuos mineros.

Que el presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-157-SEMARNAT-2023, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, se sometió a consideración y fue aprobado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su Quinta Sesión Ordinaria del día 12 de diciembre de 2023, con el propósito de someterlo a consulta pública de conformidad con los artículos 35, fracción V y 38 de la Ley de Infraestructura de la Calidad, y a efecto de que los interesados, dentro de los sesenta días naturales contados a partir de la fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación, presenten sus comentarios ante el citado Comité, sito en Avenida Ejército Nacional 223, piso 16, colonia Anáhuac I Sección, Miguel Hidalgo, Ciudad de México, C.P. 11320 o a través del correo electrónico: [mineria.dggimar@semarnat.gob.mx](mailto:mineria.dggimar@semarnat.gob.mx)

Que durante el plazo mencionado, el Análisis de Impacto Regulatorio a que se refiere el artículo 34, fracción X de la Ley de Infraestructura de la Calidad, estará a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité antes citado; así como en el portal electrónico de la Comisión Nacional de Mejora Regulatoria.

Por lo expuesto y fundado he tenido a bien expedir el siguiente:

**PROYECTO DE MODIFICACIÓN DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-157-SEMARNAT-2009, QUE ESTABLECE LOS ELEMENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA INSTRUMENTAR PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS MINEROS, PARA QUEDAR COMO PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-157-SEMARNAT-2023, QUE ESTABLECE LOS ELEMENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA INSTRUMENTAR PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS MINEROS**

**PREFACIO**

En la elaboración del presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana participaron las siguientes dependencias e instituciones:

- Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.
- Cámara Minera de México
- Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero
- Colegio de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
- Instituto Politécnico Nacional
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
  - Subprocuraduría de Inspección Industrial
  - Subprocuraduría de Auditoría Ambiental
- Secretaría de Economía
  - Unidad de Coordinación de Actividades Extractivas
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
  - Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas
- Universidad Nacional Autónoma de México
  - Facultad de Química
  - Facultad de Ingeniería
  - Instituto de Geología

**ÍNDICE DEL CONTENIDO**

- Introducción
1. Objetivo y campo de aplicación
  2. Objetivos legítimos de interés público
  3. Referencias normativas
  4. Términos y definiciones
  5. Especificaciones
    - 5.1 Clasificación de los residuos mineros
    - 5.2 Caracterización de los residuos
    - 5.3 Estudio integral para la caracterización de residuos
    - 5.4 Elementos y procedimientos a considerar al formular planes de manejo de los residuos mineros
    - 5.5 Actualización del Plan de Manejo
  6. Concordancia con normas internacionales
  7. Procedimiento de evaluación de la conformidad
  8. Verificación y vigilancia
  9. Referencias bibliográficas
- Artículos Transitorios
- Apéndice A (Informativo) Clasificación de residuos mineros
- Apéndice B (Normativo) Prueba de extracción de constituyentes tóxicos
- Apéndice C (Normativo) Procedimiento de Lixiviación de Precipitación Sintética
- Apéndice D (Normativo) Estudio integral para la caracterización de residuos

**Introducción**

El sector minero produce un gran volumen de residuos. En operaciones de minado a cielo abierto es común que se alcancen volúmenes de generación de residuos superiores a 10 veces por unidad de mineral procesado, los que pueden contener elementos potencialmente peligrosos o ser peligrosos, y representar un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.

En esta Norma Oficial Mexicana se establecen las especificaciones que se deben considerar al formular los planes de manejo de los residuos mineros y criterios generales que, respecto de estos planes de manejo, orienten su elaboración, determinen las etapas que cubrirán y definan la forma de manejo, que conlleven a la implementación de prácticas que minimicen la generación y busquen la valorización de esos residuos, cuando sea viable.

**1. Objetivo y campo de aplicación****1.1 Objetivo**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los elementos y procedimientos que se deben considerar al formular y aplicar los planes de manejo de residuos mineros, con el propósito de promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos, así como alentar su manejo integral a través de nuevos procesos, métodos y tecnologías que sean económica, técnica y ambientalmente factibles.

**1.2 Campo de aplicación**

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para quienes generen o posean residuos mineros.

La presentación del plan de manejo no exime al generador o a los responsables de su ejecución, de tramitar y obtener las autorizaciones correspondientes para llevar a cabo las actividades de manejo integral de los residuos mineros.

## **2. Objetivos legítimos de interés público**

La presente Norma Oficial Mexicana atiende las causas que pueden afectar o poner en riesgo al medio ambiente por la falta de especificaciones y características relacionadas con los planes de manejo de residuos mineros y por un inadecuado manejo integral de esos residuos; por lo que, la protección al medio ambiente es el objetivo legítimo de interés público que se pretende atender.

## **3. Referencias normativas**

Para la correcta utilización de esta Norma Oficial Mexicana es necesario consultar y aplicar la siguiente normatividad o las que las sustituyan:

**3.1** Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación en 2004-09-13.

**3.2** Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Publicada en el Diario Oficial de la Federación en 2007-03-02.

**3.3** Norma Mexicana NMX-AA-025-1984, Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Determinación del pH- Método potenciométrico. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación en 1984-12-14.

## **4. Términos y definiciones**

Para los propósitos de la presente Norma Oficial Mexicana, se consideran las definiciones contenidas en la Ley de Infraestructura de la Calidad, la Ley de Minería, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, así como los términos y definiciones siguientes:

### **4.1** Concentración de minerales

Operaciones y procesos empleados para enriquecer o separar las especies mineralógicas o elementos de interés contenidas en los minerales utilizando sus propiedades físicas y químicas.

### **4.2** Concentración gravimétrica

Proceso físico en el cual sólo se utiliza agua para contener el o los minerales; la separación se da por la diferencia entre pesos específicos, hundiendo por gravedad el mineral o material más pesado y colectando en superficie el más ligero.

### **4.3** Concentración total

Masa del elemento químico regulado, expresada en *mg*, por unidad de masa del residuo en estudio, expresada en *kg*, base seca, extraído del residuo por digestión (ácida o alcalina).

### **4.4** Drenaje ácido

Lixiviado, efluente o drenaje contaminante generado debido a la oxidación natural de minerales sulfurosos contenidos en rocas o residuos expuestos al aire, agua y/o microorganismos promotores de la oxidación de sulfuros.

### **4.5** Elementos normados

Los elementos químicos regulados en esta Norma Oficial Mexicana.

### **4.6** Escorias

Residuos provenientes de las operaciones de fundición por la acción química y la fusión, a través de la combinación de fundentes (carbonatos y silicatos) con la ganga o porción sin valor del mineral.

### **4.7** Flotación

Proceso fisicoquímico de concentración de minerales, basado en la modificación de las propiedades superficiales de los minerales, suspendidos en agua.

### **4.8** Jarosita, Goetita o Hematita

Residuos con compuestos de hierro (hidroxisulfato, oxihidróxido u óxido, respectivamente), obtenidos a partir de la precipitación de hierro disuelto en el proceso hidrometalúrgico de concentrados o calcinas de zinc, que puede contener otros elementos.

**4.9 Minado**

Obras y trabajos encaminados a desprender y extraer los productos minerales o sustancias existentes en un depósito mineral.

**4.10 PA**

Potencial de acidez.

**4.11 PECT**

Procedimiento de Extracción de Constituyentes Tóxicos.

**4.12 PN**

Potencial de neutralización.

**4.13 Procesos hidrometalúrgicos**

Aquellos que utilizan medios acuosos para extraer los metales valiosos de las menas para su posterior recuperación de la solución por diferentes métodos.

**4.14 Procesos pirometalúrgicos**

Aquellos que emplean métodos químicos y operaciones físicas realizados a altas temperaturas a través de los cuales se lleva a cabo la fundición de primera mano para separar metales de interés, obteniendo productos metálicos.

**4.15 PROFEPA**

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

**4.16 Reglamento**

Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

**4.17 Residuos mineros**

Son aquellos provenientes de las operaciones de minado y beneficio de minerales o sustancias.

**4.18 Secretaría**

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**4.19 Separación magnética**

Proceso físico que utiliza las características magnéticas del mineral para que se adhiera a los tambores o superficies magnetizadas. No se modifica el mineral.

**4.20 Tepetates**

Residuos conformados por material estéril extraído para facilitar la explotación del mineral.

**4.21 Terreros**

Residuos conformados por apilamiento de material mineral de baja ley.

**4.22 Tratamiento de residuos**

Procedimientos físicos, químicos, biológicos y/o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos mineros y se reducen su volumen o peligrosidad.

**5. Especificaciones****5.1 Clasificación de los residuos mineros.**

El generador identificará sus residuos en función del proceso que los genera (ver Apéndice A), conforme a la siguiente clasificación:

**5.1.1 Residuos provenientes del minado:**

- a) Terreros
- b) Tepetates

**5.1.2 Residuos provenientes del beneficio de minerales.****5.1.2.1 Residuos de la concentración física.**

- a) Jales de la separación magnética o electrostática
- b) Jales de la concentración gravimétrica
- c) Material producto de la desagregación, trituración y clasificación del mineral.

**5.1.2.2** Residuos de la concentración fisicoquímica

- a) Jales de flotación
- b) Reactivos gastados de los procesos de flotación
- c) Sulfatos simples o complejos
- d) Carbonatos de calcio o magnesio
- e) Arcillas

**5.1.2.3** Residuos de la concentración de minerales por procesos químicos o bioquímicos.

- a) Jales cianurados
- b) Mineral gastado de sistemas de lixiviación en pilas.

**5.1.2.4** Residuos de los procesos pirometalúrgicos.

- a) Escorias vitrificadas
- b) Escorias carbonatadas
- c) Lodos de la limpieza de gases
- d) Lodos del tratamiento del ácido débil
- e) Lodos del almacenamiento de ácido sulfúrico
- f) Lodos de las purgas de las plantas de ácido
- g) Polvos de hornos
- h) Otros residuos

**5.1.2.5** Residuos de los procesos hidrometalúrgicos.

- a) Yesos de la neutralización
- b) Purgas ácidas
- c) Lodos de la precipitación del hierro (goetita, jarosita o hematita)
- d) Lodos de la lixiviación en tanques
- e) Lodos del ánodo electrolítico
- f) Lodos de la extracción por disolventes
- g) Azufre elemental proveniente de la lixiviación directa de concentrados de zinc
- h) Otros residuos

**5.2** Caracterización de los residuos.

Cuando existan normas oficiales mexicanas de procesos mineros que incluyan la caracterización de un residuo, dichas pruebas se realizarán conforme a las especificaciones establecidas en ellas.

**5.2.1** Muestreo para determinar la peligrosidad del residuo.

**5.2.1.1** Las pruebas para la caracterización deben efectuarse a partir de muestras representativas del residuo a evaluar, las cuales deben ser obtenidas:

- a) Antes del inicio de operaciones, cuando haya cambio en la unidad de masa geológica o cuando se modifiquen procesos, de las pruebas metalúrgicas realizadas en el laboratorio, y/o
- b) Durante la operación, de las corrientes donde se generan los residuos o directamente de los depósitos de residuos.

**5.2.1.2** Para aquellos residuos que no se encuentren en depósitos, las muestras se obtendrán de manera previa a cualquier modificación.

**5.2.1.3** El método empleado en las pruebas de laboratorio debe simular el proceso de tratamiento y/o fundición o refinación que se realizará durante la operación.

**5.2.1.4** En la etapa de operación se hará un compósito anual durante la vida útil del proyecto que sea representativo de las características del residuo.

**5.2.2** En el residuo, se determinará, según sea el caso:

- a) Las concentraciones totales (base seca) de los elementos incluidos en la Tabla 2: antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, mercurio, plata, plomo y selenio (ver 5.2.2.2).
- b) La movilidad de los metales y metaloides presentes en el residuo, conforme a la determinación de las concentraciones totales, con base en los métodos de prueba aplicables (de acuerdo con la granulometría) (ver 5.2.2.3).
- c) El potencial de generación de drenaje ácido (ver 5.2.2.5).
- d) El pH de la disolución del residuo en agua (ver 5.2.2.4).

**5.2.2.1** Las determinaciones que deberán realizarse a las muestras obtenidas (ver 5.2.1.1 y 5.2.1.2) dependen de la etapa del proceso minero en la que se genere el residuo y se les aplicarán las pruebas referidas en los numerales 5.2.2.2, 5.2.2.3, 5.2.2.4. y 5.2.2.5, conforme a la Tabla 1.

**Tabla 1. Pruebas para determinar la peligrosidad del residuo**

Etapa del proceso minero	Pruebas a realizar en el residuo
Minado y concentración de minerales	Concentración total
	Movilidad
	Potencial de generación de drenaje ácido
Producción de metales mediante procesos pirometalúrgicos o hidrometalúrgicos	Concentración total
	Movilidad
	pH de la disolución del residuo en agua

**5.2.2.2** Determinación de las concentraciones totales (base seca).

Las concentraciones totales de los elementos señalados en el numeral 5.2.2, a) de esta norma presentes en el residuo, se determinan mediante los procedimientos descritos en el Apéndice Normativo B: Métodos Analíticos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, numerales B3 Métodos por espectrofotometría de absorción atómica y B4 Método por espectrofotometría de emisión con plasma acoplado inductivamente, o los que los sustituyan (ver 3.2).

**5.2.2.3** Pruebas de Movilidad.

**5.2.2.3.1** Cuando la concentración total de los elementos normados sea mayor que el correspondiente límite máximo permisible base seca señalado en la Tabla 2, se deberán realizar las pruebas de movilidad.

**Tabla 2. Límites máximos permisibles (LMP) para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT y base seca**

Contaminante	LMP (mg/L)	LMP (mg/kg)
	PECT	Base seca
Antimonio	0.53	10.6
Arsénico	5.00	100
Bario	100.0	2000
Berilio	1.22	24.4
Cadmio	1.00	20
Cromo	5.00	100
Mercurio	0.20	4
Plata	5.00	100
Plomo	5.00	100
Selenio	1.00	20

**5.2.2.3.2** Se debe seleccionar una de las siguientes pruebas de extracción de los constituyentes tóxicos:

- a) Lixiviación con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub> (H<sub>2</sub>O a pH = 5.50 ajustado con burbujeo de CO<sub>2</sub>), previsto en el Anexo Normativo 5: Métodos de prueba, Apartado I, Prueba para realizar la extracción de metales y metaloides en jales, con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub> de la NOM-141-SEMARNAT-2003 (ver 3.1) o el que lo sustituya).
- b) Procedimiento de movilidad con agua meteórica (MWMP) (ver Apéndice B).
- c) Lixiviación de precipitación sintética con mezcla H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/HNO<sub>3</sub> (ver Apéndice C).

**5.2.2.3.3** Cuando la concentración en el extracto de uno o varios de los elementos listados en la Tabla 2, sea superior a los límites permisibles PECT señalados en el mismo, se concluye que el residuo representado por la muestra es peligroso por la toxicidad asociada con la movilidad del elemento en cuestión.

**5.2.2.4** Pruebas para determinar el pH.

**5.2.2.4.1** En los residuos de los procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos, la generación potencial de acidez se determinará mediante la medición del pH, utilizando el procedimiento indicado en la NMX-AA-025-1984 (ver 3.3).

**5.2.2.4.2** Cuando el valor del pH sea menor o igual que 4 o mayor que 10, se considera que el residuo es peligroso.

**5.2.2.5** Pruebas para determinar el potencial de generación de drenaje ácido.

**5.2.2.5.1** En los residuos de los procesos de minado y concentración de minerales, el potencial de generación de drenaje ácido se determinará aplicando la prueba modificada de balance ácido-base (ABA por sus siglas en inglés), establecida en los Anexos Normativos 1: Procedimiento para definir la peligrosidad de los residuos mineros y 5, Apartado II. Prueba de Balance Acido-Base para jales que contienen sulfuros de metales de la NOM-141-SEMARNAT-2003 (ver 3.1) o el que los sustituya y sujetarse a los límites establecidos en la Tabla 3.

**Tabla 3. Límites para determinar la peligrosidad por el potencial de generación de drenaje ácido**

criterio	Calificación	Peligrosidad
<b>PN/ PA ≤ 3</b>	Generador de drenaje ácido	Peligroso
<b>PN/ PA &gt; 3</b>	No generará drenaje ácido	No peligroso

**5.2.2.6** Se debe tener la información de los procedimientos para caracterizar los residuos, cuándo se fueron generando, además de los procedimientos para estabilizar todos los residuos de procesos.

**5.3** Estudio integral para la caracterización de residuos.

El generador o poseedor podrá optar por la alternativa de realizar un estudio integral, de acuerdo con el Apéndice Normativo D, lo que permitirá generar la información necesaria con el fin de pronosticar y prevenir los posibles daños al ambiente y consecuentemente, seleccionar las actividades de manejo integral para la elaboración de un plan de manejo integral.

**5.4** Elementos y procedimientos a considerar al formular planes de manejo de los residuos mineros.

**5.4.1** Se podrá elaborar un plan de manejo por residuo o por un conjunto de residuos.

**5.4.2** Los procedimientos de los planes de manejo son las etapas que se deberán seguir para integrar en el plan, las actividades para el manejo integral de los residuos mineros, así como para su evaluación, mejora y actualización.

**5.4.3** Sin perjuicio de los requisitos y de la información que deba presentarse a la Secretaría para el registro de los Planes de Manejo correspondientes, de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento, el Plan de Manejo deberá contener:

- a) Objetivos del plan de manejo.
- b) Residuos objeto del plan de manejo.
- c) Línea base de generación.
- d) Domicilio de las instalaciones.

- e) Descripción de los procesos de manejo de los residuos mineros.
- f) Programa de actividades.
- g) Periodo estimado de vigencia del plan de manejo.
- h) Mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo.

#### **5.4.3.1** Objetivos del plan de manejo.

Se debe describir el objetivo específico del plan de manejo, considerando las peculiaridades de los residuos, las circunstancias técnicas y económicas y el concepto de manejo integral conforme a la fracción XVII del artículo 5 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

#### **5.4.3.2** Residuos objeto del Plan de Manejo.

La descripción de los residuos mineros objeto del plan de manejo incluirá:

- a) El nombre de cada residuo conforme a los señalados en el numeral 5.1.
- b) Para cada uno de residuos debe incluirse la descripción del proceso que lo genera y el diagrama de flujo del proceso.
- c) La generación anual estimada del residuo en toneladas, que podrá variar en función de las características y distribución espacial de la mena, de modificaciones en el proceso y conforme a las condiciones del mercado. En caso de ser peligrosos, especificar características de peligrosidad en términos de lo establecido en el capítulo 5.2.
- d) Descripción de los procesos de las actividades de manejo integral de los residuos mineros (ver 5.4.3.5).
- e) La determinación de peligrosidad se realizará conforme a lo establecido en esta Norma Oficial Mexicana, o las específicas aplicables a residuos mineros, o en su caso, a partir de los métodos de prueba establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas y/o Normas Mexicanas correspondientes.

#### **5.4.3.3** Línea base de generación.

**5.4.3.3.1** Con el objeto de definir los objetivos, acciones y metas para la prevención, minimización y aprovechamiento de residuos, los generadores deberán establecer la línea base de generación de manera previa a la formulación del plan correspondiente.

**5.4.3.3.2** La línea base de generación se refiere a la información del tipo y cantidad generada de todos los residuos con la cual se inicia la formulación del plan de manejo.

**5.4.3.3.3** Los datos se deben establecer a partir de un estimado de generación anual.

**5.4.3.3.4** Una vez establecida la línea base, el generador formulará los objetivos y metas para el manejo integral.

#### **5.4.3.4** Domicilio de las instalaciones.

Se debe incluir un plano georeferenciado con coordenadas UTM a una escala tal que permita apreciar con claridad la distribución de las instalaciones, incluyendo las áreas destinadas para el manejo integral de los residuos, la infraestructura de todos los depósitos de residuos, pozos de monitoreo de aguas subterráneas y las colindancias del sitio de generación.

#### **5.4.3.5** Descripción de los procesos de las actividades de manejo integral de los residuos mineros.

En el plan de manejo se deben describir los procesos bajo los cuales se llevarán a cabo las actividades de manejo integral de los residuos objeto de esta Norma que sean ambiental, técnica y económicamente factibles, entre las cuales se encuentran las siguientes:

- a) Reducción en la fuente (ver 5.4.3.5.1)
- b) Separación (ver 5.4.3.5.2)
- c) Valorización (ver 5.4.3.5.3)
- d) Tratamiento (ver 5.4.3.5.4)
- e) Almacenamiento (ver 5.4.3.5.5)
- f) Disposición final (ver 5.4.3.5.6)

En la formulación del plan de manejo se privilegiará la aplicación de los criterios generales previstos en los capítulos de cada una de las actividades de manejo integral que, en su caso, sean aplicables a los residuos.

**5.4.3.5.1** Criterios generales para la reducción en la fuente.

**5.4.3.5.1.1** Para desarrollar la actividad de manejo integral de reducción en la fuente (volumen, masa y/o peligrosidad), deben describirse las acciones y cambios en el proceso realizados, cuando sea el caso.

**5.4.3.5.1.2** Indicar el porcentaje de reducción respecto al inicial, ya sea volumen, masa y/o peligrosidad.

**5.4.3.5.1.3** Entre las acciones mencionadas se encuentran innovación de procesos, uso de nuevas tecnologías, sustitución de materias primas, y cualquier otra que atienda a las particularidades de cada proceso.

**5.4.3.5.2** Criterios generales para la separación de residuos.

**5.4.3.5.2.1** Describir los procesos empleados, precisando la separación de la fracción de los elementos potencialmente tóxicos y/o de la peligrosidad contenidos en los residuos mineros.

**5.4.3.5.2.2** Incluir la descripción de la fracción separada, así como el tratamiento o disposición que se realice a la misma, en términos de lo previsto por esta Norma Oficial Mexicana.

**5.4.3.5.3** Criterios generales para la valorización de residuos.

**5.4.3.5.3.1** Describir los procesos, métodos, técnicas y/o estrategias para el aprovechamiento de los residuos de que se trate, indicando el sitio o área donde se realizarán, responsable del mismo; así como las características del residuo que sustenten su reutilización, reciclaje o co-procesamiento y no representen un riesgo para el ambiente o las poblaciones cercanas.

**5.4.3.5.3.2** Los residuos que resulten de los procesos de valorización serán por sí mismos objeto de planes de manejo.

**5.4.3.5.3.3** Para la valorización de los residuos deberá considerarse lo siguiente:

- a) Sujetarse al principio de eficiencia ambiental y desarrollarse de conformidad con las disposiciones legales en materia de impacto ambiental, riesgo, prevención de la contaminación del agua, aire, suelo y otras, que resulten aplicables.
- b) Los procesos empleados para la valorización o el aprovechamiento no deben liberar contaminantes al ambiente, ni constituir un riesgo para la salud, y habrán de promover el ahorro de energía y de materias primas.

**5.4.3.5.3.4** En el plan de manejo se deberá identificar el tipo de actividad a realizar, precisando:

- a) Para reutilización: las características del material o residuo a reutilizar, los procesos productivos en los que será (n) utilizados, la cantidad anual a reutilizar y su balance de materia.
- b) Para reciclaje o co-procesamiento: los procedimientos, métodos o técnicas detallando todas sus etapas; la cantidad de residuos mineros incorporados, emisiones, efluentes y generación de otros residuos, así como los parámetros de control de proceso.
- c) Para la recuperación de elementos con valor económico, se deberá precisar su viabilidad.

**5.4.3.5.4** Criterios generales para el tratamiento de residuos.

El tratamiento de residuos mineros tiene por objetivo aplicar procedimientos físicos, químicos y/o biológicos que reduzcan o eliminen su peligrosidad para permitir su reúso, reciclaje, almacenamiento o disposición final.

**5.4.3.5.4.1** En el plan de manejo se debe determinar que el tratamiento aplicado reduce el volumen o que el residuo resulta no peligroso de acuerdo a las pruebas correspondientes, asegurando su estabilidad física y química.

**5.4.3.5.4.2** El plan de manejo deberá especificar si a los residuos mineros sometidos a tratamiento les será aplicada alguna otra actividad de manejo integral y en su caso, deberán describirse las medidas aplicadas para lograr lo establecido en el numeral 5.4.3.5.5.1.

**5.4.3.5.4.3** El plan de manejo deberá contener:

- a) Residuos sujetos a tratamiento y el tonelaje correspondiente.
- b) Descripción de la técnica de tratamiento.
- c) Cantidad de insumos a emplear.
- d) Cuando se almacenen temporalmente los residuos, precisar el periodo y tonelaje estimados de almacenamiento.

**5.4.3.5.5** Criterios generales para el almacenamiento de residuos.

Para el caso de residuos que se transporten y almacenen temporalmente, previo a su valorización, aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final, se deben indicar las acciones que eviten su dispersión eólica o hídrica, o la liberación de sus componentes hacia el subsuelo.

**5.4.3.5.5.1** Durante el proyecto, construcción, operación y cierre de los depósitos de almacenamiento de residuos, se deberán contar con las especificaciones de ingeniería y mantenimiento que cumplan lo siguiente:

- a) Asegurar su estabilidad física.
- b) Depositar únicamente residuos sólidos de naturaleza inorgánica.
- c) Asegurar el aislamiento adecuado del depósito temporal para evitar su dispersión con la consecuente afectación al medio abiótico.
- d) Contar con un sistema de captación y canalización del agua pluvial, acorde a las condiciones climáticas locales.
- e) Los sitios para el almacenamiento de residuos mineros deben ser planeados e instalados, en su caso, de manera previa a depositar los residuos, con la debida señalización según correspondan sus características.

**5.4.3.5.6** Criterios generales para disposición final de residuos.

Deberán indicarse las condiciones en que se llevará a cabo con el fin de evitar la liberación de contaminantes al ambiente y sus posibles afectaciones a la salud de la población.

**5.4.3.5.6.1** Para efectos de la disposición final de residuos, se deberán:

- a) Depositar o confinar permanentemente los residuos mineros en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente, las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.
- b) Identificar los elementos del ambiente presentes en el sitio en que se depositarán los residuos, aquéllos que sean susceptibles de afectación por los impactos generados por la disposición de residuos, así como la capacidad del entorno para atenuar dichos impactos, conforme al estudio de la caracterización del sitio del numeral 5.3 de la NOM-141-SEMARNAT-2003 (ver 3.1).
- c) Contar con un sistema de captación y canalización del agua pluvial, acorde a las condiciones climáticas locales.

**5.4.3.5.6.2** Durante el proyecto, construcción, operación y cierre de los sitios de disposición final de residuos mineros, se deberán contar con las especificaciones de ingeniería y mantenimiento que aseguren su estabilidad física.

**5.4.3.5.6.3** En los sitios de disposición final de residuos mineros no sujetos a una Norma Oficial Mexicana específica, se deberán establecer medidas de control para:

- a) Evitar procesos de erosión eólica e hídrica, así como los arrastres mecánicos; e
- b) Impedir la dispersión en el ambiente de drenaje ácido, lixiviados y escurrimientos, en su caso.

**5.4.3.5.6.4** Para los depósitos de residuos provenientes de procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos, se deberá cumplir además de lo establecido en el numeral 5.4.3.5.6.3 con lo siguiente:

- a) Depositar únicamente residuos sólidos de naturaleza inorgánica y compatibles entre sí.
- b) Asegurar el aislamiento adecuado del depósito para impedir el contacto de los residuos con cuerpos de agua, así como para evitar su transporte por viento o arrastres.
- c) Contar con un sistema de captación y canalización del agua pluvial, acorde a las condiciones climáticas locales.

**5.4.3.5.6.5** Durante las etapas de operación y post-operación, en todo depósito se deberán monitorear cuerpos de agua, suelos, aire y sedimentos.

**5.4.3.5.6.6** Se deberá proceder a la recuperación de la cubierta vegetal e integración paisajística de las zonas de los depósitos que vayan quedando fuera de operación, con especies endémicas del sitio en el caso de que sea factible, en virtud de la cantidad recuperable del suelo originalmente existente en el sitio y/o las cualidades de los residuos para que directamente sobre ellos se desarrolle dicha vegetación, o de ser el caso, con materiales que permitan la fijación de especies vegetales.

**5.4.3.6** Programa de actividades.

En el Plan de Manejo deberá establecerse un programa calendarizado para cada corriente de residuos, en concordancia con la vida útil del proyecto, donde se indiquen las fechas estimadas de inicio y término de todas las actividades a realizar de manera anual con el fin asegurar el manejo integral de los residuos.

**5.4.3.7** Periodo estimado de vigencia.

Se debe establecer el lapso de tiempo que se estima durará la generación de residuos y, por lo tanto, la vigencia del plan de manejo.

**5.4.3.8** Mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo.

**5.4.3.8.1** Describir los mecanismos de evaluación incluyendo uno o varios indicadores de desempeño, el procedimiento y periodicidad de su evaluación, y el registro de las conclusiones y mejoras correspondientes.

**5.4.3.8.2** Debe conservarse registro de los programas que se realicen, así como de las evidencias de su cumplimiento y mejora.

**5.5** Actualización del Plan de Manejo.

El Plan de Manejo registrado ante la Secretaría se deberá actualizar cuando se efectúen modificaciones de proceso, se sustituyan materiales, existan cambios a alguno de los elementos a que se refieren el capítulo 5.4, por cambios en las características de peligrosidad de los residuos, o por alguna otra situación establecida en la regulación vigente, en cuyo caso, deberán ser notificadas a la Secretaría.

## **6. Concordancia con Normas Internacionales**

Esta Norma Mexicana no es equivalente (NEQ) con ninguna Norma Internacional, por no existir esta última al momento de su elaboración.

## **7. Procedimiento de evaluación de la conformidad**

**7.1** Para efectos del Procedimiento de Evaluación de la Conformidad de esta Norma Oficial Mexicana, se deben considerar las definiciones contenidas en la Ley de Infraestructura de la Calidad y el Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**7.2** Las unidades de inspección acreditadas y aprobadas podrán evaluar la conformidad de la presente Norma, a petición de parte, para fines particulares u oficiales. Los resultados de la Evaluación de la Conformidad se harán constar mediante dictamen emitido por dicha Unidad.

**7.3** A falta de infraestructura en el sector privado, la evaluación de la conformidad podrá ser realizada por la PROFEPA.

**7.4** Las unidades de inspección deberán constatar que el plan de manejo presentado por el sujeto obligado contenga:

**7.4.1** Objetivos del plan de manejo (ver 5.4.3.1)

**7.4.2** Residuos objeto del Plan de Manejo (ver 5.4.3.2).

**7.4.3** Línea base de generación (ver 5.4.3.3).

**7.4.4** Domicilio de las instalaciones (ver 5.4.3.4).

**7.4.5** Descripción de los procesos de manejo de los residuos mineros (ver 5.4.3.5).

**7.4.6** Programa de actividades (ver 5.4.3.6)

**7.4.7** Periodo estimado de vigencia del plan de manejo (ver 5.4.3.7).

**7.4.8** Mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo (ver 5.4.3.8).

**7.5** Respecto a la información señalada en 7.4.2, si el sujeto regulado realizó la caracterización de residuos de acuerdo a lo señalado en 5.2, se deberá proporcionar:

- a) Evidencia documental que precise que el muestreo de los residuos mineros se haya realizado de acuerdo con lo previsto en 5.2.1.
- b) Lo resultados de las determinaciones analíticas que les fueran aplicables, en atención a 5.2.2.2, 5.2.2.3, 5.2.2.4 y 5.2.2.5, emitidos por laboratorios acreditados y aprobados.

**7.6** Si el sujeto regulado determinó caracterizar los residuos mineros a través de un estudio integral (ver 5.3 y Apéndice D), la unidad de inspección constatará:

**7.6.1** Mediante revisión documental de las bitácoras, que las muestras fueron obtenidas conforme a D.1.

**7.6.2** El contenido del estudio integral para la caracterización de los residuos mineros, el cual deberá incluir:

**7.6.2.1** Resultados de pruebas para la valoración de la capacidad de generación de drenaje de los residuos mineros (ver D.4.1)

**7.6.2.2** Cuantificación de elementos químicos (ver D.4.2)

**7.6.2.3** Determinaciones de valores de referencia locales de los compartimentos que se esperan puedan ser afectados (ver D.4.3)

**7.6.2.4** Resultados de la modelación de dispersión hídrica y/o eólica, con el pronóstico de afectación del medio abiótico (ver D.4.4).

**7.6.2.5** Periodos en los cuales se realizará el monitoreo (ver D.4.5) precisando dicha información en el programa de actividades (ver 5.4.3.6).

**7.6.2.6** Resultados de la caracterización física, mineralógica y química (ver D.4.6).

**7.7** Para efectos de lo señalado en 7.4.5, la unidad de inspección deberá constatar que el plan de manejo contenga para cada uno de los residuos declarados las actividades de manejo integral a las cuales serán sometidos.

**7.8** La unidad de inspección constatará que en el plan de manejo se observen los criterios generales de separación de residuos (ver 5.4.3.5.2), valorización (ver 5.4.3.5.3), tratamiento (ver 5.4.3.5.4), almacenamiento (ver 5.4.3.5.5) y disposición final (ver 5.4.3.5.6).

**7.9** La unidad de inspección podrá llevar a cabo los muestreos, análisis de laboratorio y estudios de campo que considere necesarios para determinar la conformidad de esta Norma Oficial Mexicana.

**7.10** Una vez que la unidad de inspección determine el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, proporcionará el dictamen correspondiente.

**7.11** El dictamen tendrá una vigencia de 5 años y será reconocido por la Secretaría y la PROFEPA en su caso, mismo que podrá adjuntarse a la solicitud de registro del plan de manejo correspondiente. En ningún momento la emisión del dictamen eximirá del cumplimiento de la obligación de registro de plan de manejo ante la Secretaría.

## **8. Verificación y vigilancia**

La verificación y vigilancia de la presente Norma Oficial Mexicana, corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, cuyo personal realizará los trabajos de verificación y vigilancia en términos previstos en la Ley de Infraestructura de la Calidad, así como la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y sus respectivos Reglamentos a las leyes ambientales.

## **9. Referencias bibliográficas**

- ASTM D5744 Standard Test Method for Laboratory Weathering of Solid Materials Using a Humidity Cell, 2007.
- Australian National Committee on Large Dams. Guidelines on tailings dams. – Planning, Design, Construction, Operation and Closure, July 2019. [https://www.ancold.org.au/wp-content/uploads/2019/10/Tailings-Guideline-Addendum-July-2019\\_v2.pdf](https://www.ancold.org.au/wp-content/uploads/2019/10/Tailings-Guideline-Addendum-July-2019_v2.pdf)

- Bureau of Mining Regulation and Reclamation, Nevada Division of Environmental Protection, Meteoric Water Mobility Procedure. [https://ndep.nv.gov/uploads/land-mining-regs-guidance-docs/20201016\\_MWMP\\_BottleRoll\\_Fillable\\_ADA.pdf](https://ndep.nv.gov/uploads/land-mining-regs-guidance-docs/20201016_MWMP_BottleRoll_Fillable_ADA.pdf)
- Charbonnier, P., Management of mining, quarrying and ore-processing waste in the European Union; Study made for DG Environment, European Commission. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, December 2001.
- Comisión de las Comunidades Europeas, Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la Gestión de los Residuos de las Industrias Extractivas. Bruselas, 2.6.2003 COM (2003) 319 final 2003/0107 (COD).
- D. Julca Zuloeta, "La economía circular en la minería peruana", Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/39), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.
- Diario Oficial de la Unión Europea, Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los Residuos, 5 de abril de 2006.
- Diario Oficial de la Unión Europea, Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la Gestión de los Residuos de Industrias Extractivas, 15 de marzo de 2006.
- Diario Oficial de la Unión Europea, Directiva 75/442/CEE del Consejo sobre Residuos y con el Apartado 4 del Artículo 1 de la Directiva 91/689/CEE sobre Residuos Peligrosos.
- Environment Canada, Guidance Document for Management of Wastes from the Base Metals Smelting Sector.- Australian, Government, Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry. <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-04/lpsdp-preventing-acid-and-metalliferous-drainage-handbook-english.pdf>
- European Commission, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC, 2018. <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/mining/MWEI%20BREF.pdf>
- European Commission, Preparing a Waste Management Plan.- A methodological guidance note. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/2012\\_guidance\\_note\\_tcm30-185558.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/2012_guidance_note_tcm30-185558.pdf)
- European Committee for Standardization, Standard Recommendation S.R. CEN/TR 16376:2012.- Characterization of waste – Overall guidance document for characterization of wastes from extractive industries, November 2012. [https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/mining/Final%20report\\_SA\\_CEN\\_395\\_2007\\_08.pdf](https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/mining/Final%20report_SA_CEN_395_2007_08.pdf)
- European Committee for Standardization, Standard Recommendation S.R. CEN/TR 16363:2012.- Characterization of waste – Kinetic testing for assessing acid generation potential of sulfidic waste from extractive industries, December 2012.
- Gobierno de España, Ministerio de Medio Ambiente.- Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015, Diciembre de 2008.
- Government of Canada, Environmental Impact Statement, Chapter 6.- Geochemistry. <https://ceaa-acee.gc.ca/050/documents/p61898/101038E.pdf>
- Hammarstrom, J. and Smith, K., United States Geological Survey, Geochemical and mineralogic characterization of solids and their effects on waters in metal-mining environment. <https://pubs.usgs.gov/of/2002/of02-195/OF02-195B.pdf>
- ISO 14001 Environmental Management System
- ISO/TC 82 Mining
- ISO/TC 82/SC 7 Mine closure and reclamation management
- Naciones Unidas, Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Oluranti Agboola, Damilola E. Babatunde, Ojo Sunday Isaac Fayomi, Emmanuel Rotimi Sadiku, Patricia Popoola, Lucey Moropeng, Abdulrazaq Yahaya, Onose Angela Mamudu, A review on the impact of mining operation: Monitoring, assessment and management, Results in Engineering, Volume 8, 2020, 100181, ISSN 2590-1230, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100181>.

- Päivi Kinnunen, Marjaana Karhu, Elina Yli-Rantala, Päivi Kivikytö-Reponen, Jarno Mäkinen, A review of circular economy strategies for mine tailings, *Cleaner Engineering and Technology*, Volume 8, 2022, 100499, ISSN 2666-7908, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100499>.
- Price, W.A, Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials, MEND Report 1.20.1, 2009.
- Price, W.A. and Errington, J., Guidelines and Recommended Methods for the Prediction of Metal Leaching and Acid Rock Drainage at Minesites in British Columbia. British Columbia Ministry of Employment and Investment, August 1998. [https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/mineral-exploration-mining/documents/permitting/ml-ard\\_guidelines.pdf](https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/mineral-exploration-mining/documents/permitting/ml-ard_guidelines.pdf)
- Szymon Kalisz, Katarzyna Kibort, Joanna Mioduska, Marek Lieder, Aleksandra Malachowska, Waste management in the mining industry of metals ores, coal, oil and natural gas - A review, *Journal of Environmental Management*, Volume 304, 2022, 114239, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114239>.
- The International Network for Acid Prevention (INAP), Global Acid Rock Drainage Guide (GARD Guide), June 2009.
- U.S. Environmental Protection Agency, EPA/310-R-95-008.- EPA Office of Compliance Sector Notebook Project Profile of the Metal Mining Industry, September 1995.
- U.S. Environmental Protection Agency, EPA/310-R-95-010.- EPA Office of Compliance Sector Notebook Project Profile of the Nonferrous Metals Industry, September 1995.
- U.S. Environmental Protection Agency, EPA/530-R-94-036.- Technical Document, Acid Mine Drainage Prediction, December 1994.
- U.S. Environmental Protection Agency, EPA/530-R-95-043.- Technical Document Background for NEPA Reviewers: Non-coal mining operations, December 1994.
- U.S. Environmental Protection Agency, EPA/530-R-95-088.- Special Wastes, Identification and Description of Mineral Processing Sectors and Waste Streams, December 1995.
- U.S. Environmental Protection Agency, EPA/SW-846.- Test Method 1312: Synthetic Precipitation Leaching Procedure, September 1994.

### TRANSITORIOS

**PRIMERO.** Esta Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los ciento ochenta días naturales después de la fecha de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**SEGUNDO.** Con la publicación y entrada en vigor de la presente norma queda sin efectos la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de agosto de 2011.

**TERCERO.** Los planes de manejo de residuos mineros autorizados con anterioridad a la fecha de entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana continuarán vigentes, sin perjuicio de que su titular solicite su actualización conforme a las disposiciones establecidas en el presente instrumento.

**CUARTO.** Las actualizaciones de los planes de manejo de residuos mineros previamente registrados ante la Secretaría, observarán lo dispuesto en la presente Norma Oficial Mexicana.

**QUINTO.** Los planes de manejo de residuos mineros que se encuentren en proceso de registro, a la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana continuarán su evaluación bajo las disposiciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.

Los planes de manejo de residuos mineros presentados a la Secretaría a partir de la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana deberán aplicar las disposiciones previstas en la misma.

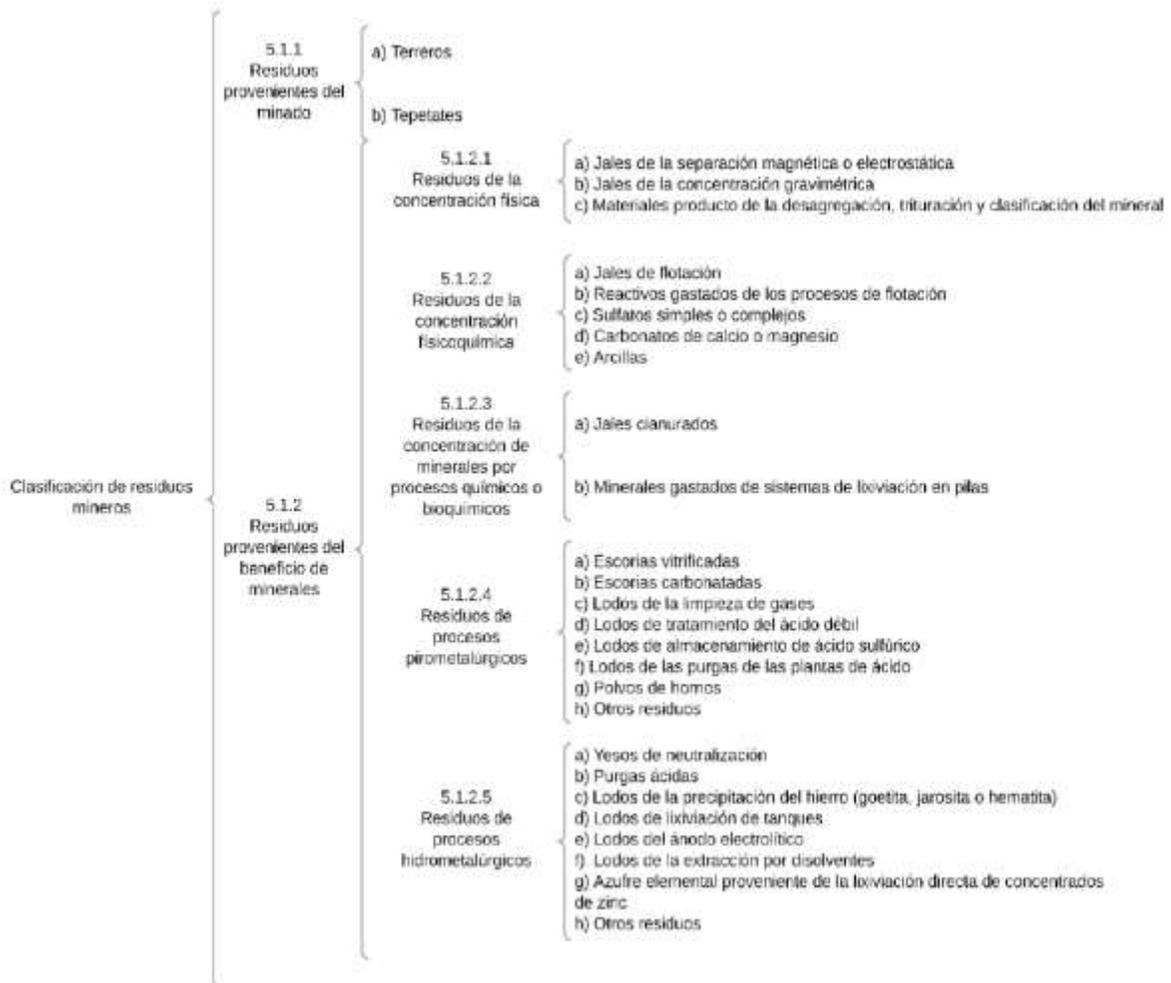
**SEXTO.** A efecto de dar cumplimiento a los artículos 68, último párrafo, y 78, primer párrafo de la Ley General de Mejora Regulatoria, en cuanto a la expedición de Regulaciones, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales abrogará las obligaciones regulatorias especificados en el Análisis de Impacto Regulatorio correspondiente; consistentes en las acciones de simplificación derivadas de (...).

Ciudad de México, a los doce días del mes de diciembre de 2023.- El Subsecretario de Regulación Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **Alonso Jiménez Reyes**.- Rúbrica.

## Apéndice A

## (Informativo)

## Clasificación de residuos mineros



**Apéndice B**  
**(Normativo)**

**Prueba de extracción de constituyentes tóxicos**  
**Procedimiento de Movilidad con Agua Meteórica (MWMP)**

**B.1 Alcance**

El propósito del procedimiento de movilidad con agua meteórica (MWMP, por las siglas en inglés de Meteoric Water Mobility Procedure) es evaluar el potencial para la disolución y la movilidad de ciertos componentes de una muestra de mineral con agua meteórica. El procedimiento consiste en hacer pasar un fluido de extracción (efluente) a través de una columna con una muestra de mineral, por un periodo de 24 horas y con una relación del fluido de extracción/mineral de 1:1. El fluido de extracción es agua tipo II grado reactivo.

**B.2 Material y equipo**

**B.2.1** Dispositivo de extracción: consiste en una columna de PVC con las siguientes características:

- Diámetro interno de 15 cm (6 in.)
- Altura suficiente para contener un mínimo de 5 kg de muestra
- Tamaño máximo de partícula de 5 cm (2 in.)
- Altura suficiente para la saturación de la muestra con el líquido de extracción. (Aproximadamente 8 kg de muestra con un tamaño de partícula máximo de 5 cm por 30.5 cm. De altura de la columna).

Para 5 kg de muestra se recomienda que la columna sea de 15 cm de diámetro interno por 45 cm de altura. Se requerirá una altura adicional de la columna para muestras mayores a 5 kg. El fondo de la columna se debe sellar y colocar un conducto de descarga para la solución lixivante sobre el fondo sellado de la columna y por debajo de la placa de secado (véase Figura B.1).

**B.2.2** Filtros de lana de vidrio (inerte). Se coloca un fieltro sobre la placa de secado, antes de la carga del mineral en la columna, para reducir al mínimo la migración y, otro fieltro sobre la tapa del mineral, después de la carga de la columna, para ayudar a la distribución uniforme del líquido de extracción.

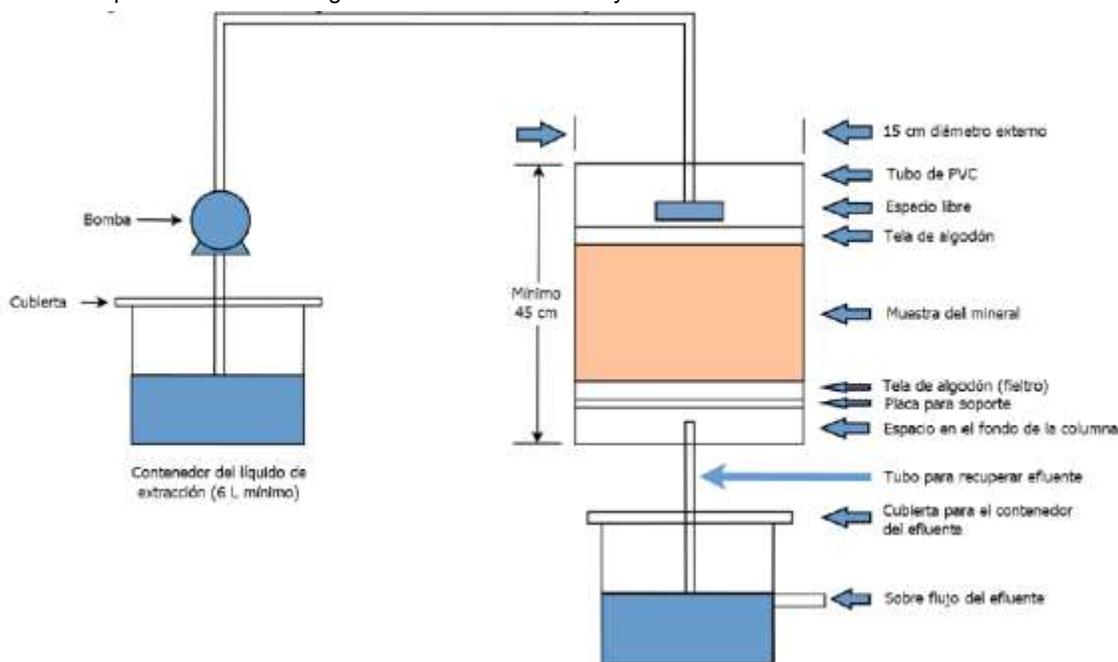
**B.2.3** Una bomba dosificadora o dispositivo para asegurar el flujo constante del líquido de extracción.

**B.2.4** Contenedores para el líquido lixivante o de extracción. Los contenedores deben ser de la medida correcta para recuperar el volumen total del líquido de extracción durante la prueba y se deben cubrir para evitar una posible contaminación de fuentes externas al dispositivo de la prueba.

**B.2.5** Una balanza, capaz de pesar un 1.0 g.

**B.2.6** Charolas para determinar el contenido de humedad de la muestra.

**B.2.7** Un pH metro con una legibilidad de 0.01 unidades y una exactitud  $\pm 0.05$  unidades en 25°C.



**Figura B.1**

**B.2.8** Sistema de filtración equipado con filtros de poro de 0.45 m. En caso de que el tiempo de filtración sea excesivo se puede recurrir a una pre-filtración o a una centrifugación.

**B.2.9** Mangueras o tubo de vidrio con un diámetro y longitud suficiente para el montaje de la columna de lixiviación.

### **B.3 Reactivos**

Agua grado reactivo tipo II. Agua purificada por destilación, intercambio de iones, ósmosis inversa, electrodiálisis o una combinación de éstos, conformándose con las especificaciones para el tipo de agua grado reactivo del tipo II.

### **B.4 Muestreo**

**B.4.1** El muestreo se debe realizar de tal manera que se asegure que se tiene una muestra representativa de mineral gastado. La muestra debe contener una distribución granulométrica representativa.

**B.4.2** Se debe tener disponible en el laboratorio por lo menos 7 kg de muestra de mineral gastado, para la determinación del contenido de humedad, MWMP y otros posibles análisis que se requieran. La cantidad mínima de muestras de mineral gastado requeridas para el MWMP es de 5 kg.

**B.4.3** Las muestras deben mantenerse en envases cerrados, que sean apropiados para el tipo de muestra y para su transporte al laboratorio de análisis.

### **B.5 Preparación de la muestra**

**B.5.1** Extraiga la muestra del envase y mezcle, para obtener una muestra que determine el contenido de humedad original (aproximadamente 1 kg).

**B.5.2.** Haga pasar el resto de la muestra (5 kg o más) a través de una malla de 5 cm (2 in.) y calcule la distribución de tamaño como porcentaje.

**B.5.3** Guarde el material de menos 5 cm para una recombinación subsecuente con el material triturado de más de 5 cm.

**B.5.4** Después del cribado, pese el material de más y menos 5 cm y calcule la distribución granulométrica.

**B.5.5** Triture el material de más 5 cm para hacerlo pasar a través de la malla de 5 cm (2 in.), cribelo y recombine con el material ya cribado de menos 5 cm.

**B.5.6** Mezcle a fondo, homogenice el 100% del recombinado obtenido en el numeral B.5.5 que está formado por el material de roca de mina de menos de 5 cm de tamaño. Calcule el peso seco de la muestra considerando el contenido de humedad de la misma para asegurar que se pueda disponer de 5 kg (peso seco) para la extracción MWMP (prueba de percolación en columna). El método de prueba estándar de laboratorio para determinar el contenido de agua (humedad) en suelo y rocas, es el que corresponde a este procedimiento.

**B.5.7** Coloque el 100% del material de menos 5 cm en la columna de manera tal que se reduzca al mínimo la segregación y compactación de la partícula.

### **B.6 Procedimiento de extracción**

**B.6.1** Ajuste el flujo del líquido de extracción de tal manera que el número de mililitros de este líquido aplicados a la columna en un periodo de 24 horas sea igual al número de gramos secos de muestra en la columna.

$$\text{Flujo} \left[ \frac{mL}{min} \right] = (g_{muestra}) * \left[ \frac{1 mL}{1 g} \right] * \left[ \frac{1 h}{60 min} \right] * \left[ \frac{1 día}{24 h} \right]$$

**B.6.2** Mida y registre el pH inicial del líquido de extracción.

**B.6.3** Adicione el líquido de extracción en la parte superior de la muestra contenida en la columna al flujo predeterminado. Si resulta evidente que el tamaño de partícula de la muestra no permite la filtración razonable del líquido de extracción, aborte el procedimiento de extracción y someta la muestra a un procedimiento alterno de extracción.

**B.6.4** Cuando un volumen igual a la masa de sólidos secos en la columna se ha hecho pasar a través de la columna (asuma 1 mL/g), cese el flujo del líquido de extracción.

**NOTA:** La muestra conservará el líquido de extracción de manera que el flujo de este líquido debe continuar hasta que el volumen del efluente (relación 1:1 de sólidos/efluente) se ha recolectado. Esto requerirá de más de 24 horas, pero no debe exceder de 48 horas.

**B.6.5** Mezcle inmediatamente el efluente. Entonces obtenga una muestra del efluente para los análisis requeridos.

**B.6.6** Mida y registre el pH del efluente.

**B.6.7** Filtre la muestra a través de una membrana de 0.45 µm para obtener el efluente para los análisis de los componentes disueltos. Si es necesario, centrifugue o prefiltre.

**B.6.8** Preserve apropiadamente la muestra del efluente para los análisis requeridos.

**B.6.9** Permita que la muestra, después de la extracción, drene hasta que la superficie de la muestra no tenga humedad y que transcurran por lo menos dos minutos entre cada gota del efluente de la columna.

**B.6.10** Remueva la muestra residual de la columna y tome una porción representativa para determinar la humedad.

**B.6.11** Mezcle la muestra residual húmeda para obtener las muestras para análisis adicionales, en caso necesario.

### **B.7 Reportes**

Se anexa bitácora para el reporte del procedimiento experimental (Tabla B.1) y reporte de resultados analíticos de lixiviados (Tabla B.2), donde los siguientes datos deben ser obligatoriamente reportados:

**B.7.1** pH extractante antes de la extracción

**B.7.2** pH extractante después de la extracción

**B.7.3** Peso de la muestra seca

**B.7.4** Humedad inicial y final de la muestra utilizada

**B.7.5** Tiempo de contacto del extracto con la muestra

**B.7.6** Procedimientos.

**Tabla B.1 Bitácora para el reporte del procedimiento experimental**

<b>Datos Generales</b>	
Empresa:	
Responsable de la empresa:	
Nombre del proyecto:	
Responsable del proyecto:	
Analista o técnico de laboratorio:	
Procedencia de la muestra:	
Características de muestreo:	
O Superficial	O Sub-superficial a una profundidad (m):
Otro:	
<b>Método MWMP</b>	
Fecha de inicio de la prueba:	





**Apéndice C**  
**(Normativo)**

**Procedimiento de lixiviación de precipitación sintética**

**C.1 Introducción**

La toxicidad de los metales y metaloides (MM) en los residuos mineros no depende de su concentración total, sino de la concentración de la fracción extraíble bajo condiciones ambientales. Dicha fracción es la que puede representar un riesgo ambiental, ya que es móvil en el ambiente. También se considera a esta fracción extraíble como una medida indirecta de la fracción biodisponible, ya que reacciona fácilmente dentro de los organismos vivos.

**C.2 Objetivo**

Este método se elaboró con base en el método EPA-1312, Synthetic Precipitation Leaching Procedure, con el propósito de determinar la movilidad de analitos orgánicos e inorgánicos presentes en los residuos mineros por medio del procedimiento de lixiviación de precipitación sintética con mezcla de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/HNO<sub>3</sub>.

**C.3 Resumen del método**

**C.3.1** Para muestras líquidas (que contienen menos de 0.5% de material sólido seco), la muestra, después de la filtración a través de un filtro de fibra de vidrio de 0.6 a 0.8 µm, se define como el Extracto 1312.

**C.3.2** Para muestras que contienen 0.5% o más de sólidos, la fase líquida, si la hubiere, se separa de la fase sólida y se almacena para su posterior análisis; el tamaño de las partículas de la fase sólida se reduce en caso de ser necesario. La fase sólida se extrae con una cantidad de fluido (reactivo) de extracción igual a 20 veces el peso de la fase sólida. El fluido de extracción estará en función de la región del país en el que se localiza el sitio de la muestra si la muestra es un suelo. Si la muestra es un residuo o aguas residuales, el fluido de extracción empleado es una solución de un pH de 4.2. Se utiliza un recipiente extractor especial cuando se hacen pruebas de analitos volátiles. Después de la extracción, el extracto líquido se separa de la fase sólida a través de una filtración usando un filtro de fibra de vidrio de 0.6 a 0.8 µm.

**C.3.3** Si son compatibles (es decir, al combinarse no forman fases múltiples), la fase líquida inicial de los residuos se añade al extracto líquido, y éstos se analizan conjuntamente. Si son incompatibles, los líquidos se analizan por separado y los resultados se combinan matemáticamente para obtener una concentración promedio en volumen.

**C.4 Interferencias**

Las posibles interferencias que pueden encontrarse durante el análisis se discuten en cada uno de los métodos analíticos.

**C.5 Aparatos y materiales**

**C.5.1** Aparato de Agitación: El aparato de agitación debe ser capaz de rotar el recipiente de extracción de arriba para abajo (véase Figura C.1) a 30 ± 2 rpm. Cualquier aparato que haga girar el recipiente de extracción de arriba abajo a 30 ± 2 rpm es aceptable.

**C.5.2** Recipientes de Extracción.

**C.5.2.1** Recipientes de Extracción de Volumen Muerto Cero (VMC) [por su denominación en inglés, ZHE]. Este aparato únicamente se utiliza cuando la muestra está siendo analizada para la movilidad de los analitos volátiles. El VMC permite la separación de líquido/sólido en el aparato y efectivamente impide el volumen muerto. Este tipo de recipiente permite la separación inicial, líquido/sólido, la extracción, y la filtración final sin necesidad de abrir el recipiente (véase C.5.3.1). Estos recipientes deberán tener un volumen interno de 500-600 mL y deben estar equipados para instalar un filtro de 90-110 mm. Los aparatos contienen anillos O de VITON que se deben reemplazar con frecuencia.

Para que el VMC sea aceptable para su utilización, el pistón debe ser capaz de moverse con aproximadamente 15 psig o menos. Los anillos O del aparato deben ser reemplazados si se requiere más presión para mover el pistón. Si esto no soluciona el problema, el VMC no es aceptable para la aplicación del método 1312 y se debe contactar al fabricante.

Revisar el VMC después de cada extracción e identificar fugas. Si el aparato contiene un manómetro, presurizar el aparato a 50 psig, permitir que permanezca sin vigilancia durante 1 hora, y revisar nuevamente la presión. Si el aparato no tiene dicho manómetro, presurizar el dispositivo a 50 psig, sumergir en agua, y verificar la presencia de burbujas de aire que estén escapando de cualquiera de los aditamentos. Si se pierde presión, revisar todos los aditamentos y de ser necesario, reemplazar los anillos O. Volver a probar el aparato.

Algunos VMC usan la presión del gas para accionar el pistón VMC, mientras que otros utilizan presión mecánica. Considerando que el procedimiento de volátiles (véase numeral C.8.3) se refiere a libras por pulgada cuadrada (psig), para el pistón accionado mecánicamente, la presión se mide en torsión-pulgadas libras. Consultar las instrucciones del fabricante para la correcta conversión.

**C.5.2.2** Recipiente frasco de extracción. Cuando la muestra se está evaluando usando la extracción no volátil, se necesita un frasco con capacidad suficiente para contener la muestra y fluido de extracción. En este recipiente se permite el volumen cero.

Los frascos de extracción se pueden construir de diversos materiales, en función de los analitos y la naturaleza de los residuos (véase numeral C.5.3.3). Se recomienda utilizar frascos de vidrio borosilicado en lugar de otros tipos de vidrio, sobre todo cuando involucra sustancias inorgánicas. Si se van a investigar orgánicos no se deben utilizar frascos de plástico, si son de plástico sólo podrán ser de politetrafluoroetileno. Los frascos se encuentran con proveedores de laboratorios. Cuando se usa este tipo de frasco, el aparato de filtración descrito en el numeral C.5.3.2 se utiliza para la separación inicial líquido-sólido y para la filtración del extracto final.

**C.5.3** Equipos de filtración: Es recomendable que todas las filtraciones se lleven a cabo en una campana de extracción.

**C.5.3.1** Recipiente de Extracción Volumen Muerto Cero (VMC): Cuando la muestra se analiza para volátiles, se debe utilizar para la filtración el recipiente extracción de Volumen Muerto Cero descrito en el numeral C.5.2.1. El aparato deberá ser capaz de soportar y mantener en su lugar el filtro de fibra de vidrio y de resistir la presión requerida para lograr la separación (50 psig).

**NOTA:** Cuando se sospecha que el filtro de fibra de vidrio se ha fracturado, se puede usar un filtro de fibra de vidrio en línea para filtrar el material dentro del VMC.

**C.5.3.2** Portafiltro: Cuando la muestra se analiza para cosas diferentes a los analitos no volátiles, se puede utilizar un portafiltro capaz de soportar un filtro de fibra de vidrio y de resistir la presión necesaria para lograr la separación. Los portafiltros adecuados van desde simples unidades de vacío a sistemas relativamente complejos capaces de ejercer presiones de hasta 50 psig o más. El tipo de portafiltro utilizado depende de las propiedades del material a ser filtrado (ver paso C.5.3.3). Estos aparatos deberán tener un volumen mínimo interno de 300 mL y estar equipados para dar cabida a un filtro de tamaño mínimo de 47 mm (se recomiendan portafiltros que tengan una capacidad interna de 1.5 L o mayor, y equipados para albergar un filtro de 2 mm de diámetro). La filtración al vacío sólo puede ser utilizada para los residuos de bajo contenido de sólidos (<10%) y para los muy granulares, que contienen residuos líquidos. Todos los demás tipos de residuos deben ser filtrados con filtración de presión positiva. Cualquier aparato capaz de separar la fase líquida de la sólida es aceptable siempre y cuando sea compatible químicamente con el residuo y los componentes que se van a analizar. Se pueden usar aparatos de plástico (que no aparezcan en la lista) cuando sólo se van a analizar analitos inorgánicos. Se recomienda el portafiltros de 142 mm.

**C.5.3.3** Materiales de construcción: Los recipientes de extracción y los dispositivos de filtrado deberán ser de materiales inertes que no lixivien ni absorban los componentes de la muestra de interés. Se puede utilizar vidrio, politetrafluoroetileno (PTFE), o equipo de acero inoxidable de tipo 316 en la evaluación de la movilidad de los componentes orgánicos e inorgánicos. Los dispositivos de polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno (PP), o de polivinilo de cloruro (PVC) sólo podrán utilizarse en la evaluación de la movilidad de los metales. Se recomienda utilizar frascos de vidrio de borosilicato sobre otros tipos de frascos de vidrio, especialmente cuando los analitos de interés son inorgánicos.

**C.5.4** Filtros: Utilizar filtros de fibra de vidrio borosilicado, sin aglutinantes, con un tamaño efectivo de poro de 0.6 a 0.8  $\mu\text{m}$ . No utilizar pre-filtros. Cuando se evalúe la movilidad de metales, someter los filtros a un lavado ácido antes de su uso con ácido nítrico 1N seguido por tres enjuagues con agua grado reactivo (se recomienda un mínimo de 1L por enjuague). Los filtros de fibra de vidrio son frágiles y deben manejarse con cuidado.

**C.5.5** Medidores de pH: El medidor de pH debe tener una exactitud de  $\pm 0.05$  unidades a 25°C.

**C.5.6** Equipos de Recolección de Extracto VMC: Utilizar bolsas acero inoxidable o jeringas herméticas de vidrio o PTFE para coleccionar la fase inicial líquida y el extracto final cuando se utilice el aparato VMC. Estos equipos se recomiendan para uso bajo las siguientes condiciones:

**C.5.6.1** Si un residuo contiene una fase líquida acuosa o si un residuo no contiene una cantidad significativa de líquido no acuoso (es decir, <1% del total de los residuos), utilizar una bolsa TEDLAR 600 mL o una jeringa para recoger y combinar el extracto líquido y sólido inicial.

**C.5.6.2** Si un residuo contiene una cantidad significativa de líquido no acuoso en la fase líquida inicial (es decir, > 1% del total de residuos), utilizar la jeringa o la bolsa TEDLAR tanto para la separación inicial líquida/sólida y para la filtración de extracto. Sin embargo, los analistas deben utilizar una u otra, no ambas.

**C.5.6.3** Si el residuo no contiene una fase inicial líquida (es 100% sólido) o no tiene fase significativa sólida (es <0.5% de sólidos), se pueden utilizar ya sea la bolsa TEDLAR o la jeringa. Si se utiliza la jeringa, se deben desechar los primeros 5 mL de líquido filtrado del dispositivo. El resto de las alícuotas se utilizan para el análisis.

**C.5.7** Equipos de Transferencia de Extracción de Líquidos VMC: Cualquier equipo capaz de transferir el fluido de extracción al VMC sin cambiar la naturaleza del fluido de extracción es aceptable (por ejemplo, una bomba de desplazamiento positivo o peristáltica, una jeringa hermética, (véase C.5.3.2), u otros equipos VMC).

**C.5.8** Balanza de Laboratorio: Cualquier balanza de laboratorio con precisión de  $\pm 0.01$  gramos puede ser utilizada (todas las medidas deben estar dentro de  $\pm 0.1$  gramos).

**C.5.9** Vaso de precipitado o Matraz Erlenmeyer de vidrio, 500 mL.

**C.5.10** Vidrio de reloj, diámetro apropiado para cubrir el vaso de precipitado o Matraz Erlenmeyer.

**C.5.11** Agitador magnético.

## **C.6 Reactivos**

**C.6.1** Utilizar reactivos grado analítico. Se debe tener la certeza de que los reactivos cuentan con la pureza suficiente para permitir su uso sin disminuir la exactitud de la determinación.

**C.6.2** Agua Grado Reactivo. El Agua Grado Reactivo se define como el agua en el que no se observa un interferente en o por encima del límite de detección del método del analito(s) de interés. Para las extracciones no volátiles, el agua ASTM Tipo II o el equivalente logran la definición de agua grado reactivo.

**C.6.2.1** El Agua Grado Reactivo para extracciones volátiles se puede producir al pasar agua corriente a través de una cama que contenga alrededor de 500 gramos de carbón activado.

**C.6.2.2** También se puede utilizar un sistema de purificación de agua (Millipore Super-Q o equivalente) para generar agua grado reactivo para extracciones volátiles.

**C.6.2.3** El agua grado reactivo para extracciones volátiles también se puede preparar hirviendo agua durante 15 minutos. Posteriormente, al tiempo que se mantiene la temperatura del agua a  $90 \pm 5$  grados C, hierva un gas inerte libre de contaminantes (Por ejemplo, nitrógeno) en el agua durante 1 hora. Mientras esté aún caliente, transfiera el agua a un frasco de tapa de rosca de boca estrecha de volumen cero y selle con una membrana forrada de teflón y tape.

**C.6.3** Ácido sulfúrico/ácido nítrico (mezcla de peso de 60/40 por ciento)  $H_2SO_4/HNO_3$ . Cuidadosamente mezcle 60 g de ácido sulfúrico concentrado con 40 g de ácido nítrico concentrado. Si se prefiere, una mezcla ácida de  $H_2SO_4/HNO_3$  puede prepararse y utilizarse en los numerales C.6.4.1 y C.6.4.2 lo que hace más fácil ajustar el pH de los fluidos de extracción.

**C.6.4** Fluidos de Extracción.

**C.6.4.1** Fluido de Extracción #1: Este fluido se hace mediante la adición de la mezcla de ácidos sulfúrico y nítrico en porcentaje en peso 60/40 (o una dilución adecuada) a el agua grado reactivo (véase numeral C.6.2) hasta que el pH sea de  $4.20 \pm 0.05$ .

**NOTA:** Las soluciones no son estables y es posible que no se alcance el pH exacto.

**C.6.4.2** Fluido de extracción # 2: Este fluido es agua grado reactivo (véase C.6.2) y se utiliza para determinar la lixiviabilidad del cianuro y de compuestos volátiles.

**NOTA:** Estos fluidos de extracción deben vigilarse con frecuencia por las impurezas. El pH debe verificarse antes de su uso para garantizar que estos fluidos se integren con precisión. Si se encuentran impurezas o el pH no está dentro de las especificaciones anteriores, el fluido debe ser descartado y debe prepararse fluido de extracción fresco.

**C.6.5** Preparar estándares de acuerdo al método analítico adecuado.

**C.7** Recolección de muestra, preservación y manejo.

**C.7.1** Todas las muestras serán recolectadas conforme a lo indicado en esta norma oficial mexicana.

**C.7.2** Puede haber requisitos sobre el tamaño mínimo de la muestra de campo dependiendo del estado o estados físicos de los residuos y de los analitos de interés. Se necesita una alícuota para las evaluaciones preliminares de los porcentos de sólidos y del tamaño de las partículas.

Puede ser necesaria una alícuota para llevar a cabo el procedimiento de extracción de analitos no volátiles. Si lo que es de interés son los orgánicos volátiles, puede ser necesaria otra alícuota. Las medidas de control de calidad pueden requerir alícuotas adicionales. Además, siempre es más prudente recoger más muestras en caso de que algo salga mal en el primer intento de llevar a cabo la prueba.

**C.7.3** No adicionar sustancias para preservar la muestra antes de la extracción.

**C.7.4** Refrigerar las muestras a menos que la refrigeración resulte en cambios físicos irreversibles de los residuos. Si se producen precipitaciones, toda la muestra (incluyendo el precipitado) debe ser extraída.

**C.7.5** Cuando la muestra sea analizada para analitos volátiles, tener cuidado a fin de reducir al mínimo la pérdida de compuestos volátiles. Recoger las muestras y almacenar a manera de prevenir la pérdida de analitos volátiles (por ejemplo, recoger las muestras en frascos forrados de membranas de teflón cerrados y almacenados a 4°C. Abrir las muestras hasta antes de la extracción. Las muestras sólo deben abrirse inmediatamente antes de la extracción).

**C.7.6** Preparar los Extractos 1312 para su análisis y analizar a la brevedad posible después de la extracción. Acidificar los extractos o parte de los extractos para la determinación de analitos metálicos con ácido nítrico a un pH <2, a menos que se produzca la precipitación (si se produce la precipitación, véase numeral C.8.2.14). Conservar los extractos para otros analitos de acuerdo a los métodos de análisis individual. Evitar que los extractos o parte de los extractos para las determinaciones de analitos orgánicos entren en contacto con la atmósfera (es decir, ningún volumen cero) para evitar pérdidas. Ver el numeral C.9 (Control de Calidad) para tiempos aceptables de muestreo y extracción.

## **C.8 Procedimiento**

### **C.8.1** Evaluaciones preliminares.

Realizar las evaluaciones preliminares en una cantidad mínima de 100 gramos de la muestra del residuo. Esta muestra no necesariamente se someterá a la prueba del método 1312. Estas evaluaciones preliminares incluyen: (1) Determinar el porcentaje de sólidos (véase C.8.1.1), (2) determinar si los residuos contienen sólidos en cantidades insignificantes y, por lo tanto, después de someterlo a filtración, es el Extracto 1312 (véase C.8.1.2), y (3) Determinar si el porcentaje de sólidos requiere reducción del tamaño de partículas.

**C.8.1.1** Determinación preliminar del porcentaje de sólidos: El porcentaje de sólidos se define como la fracción de la muestra de residuos (como porcentaje del total de la muestra) del que no se puede extraer líquido por una presión aplicada, tal como se describe a continuación.

**C.8.1.1.1** Si la muestra no produce líquido cuando está sujeta a la presión de filtración (es decir, es 100% sólido), pese una submuestra representativa (100 g mínimo) y proceda conforme al numeral C.8.1.3.

**C.8.1.1.2** Si la muestra es líquida o de múltiples fases, se requiere la separación de sólido/líquido para hacer la determinación preliminar del porcentaje de sólidos. Esto involucra el equipo de filtración referido en el numeral C.5.3.2, y se describe en los numerales C.8.1.1.3 a C.8.1.1.9.

**C.8.1.1.3** Pesar el filtro y el recipiente que recibirá el filtrado.

**C.8.1.1.4** Ensamblar el portafiltros y el filtro siguiendo las instrucciones del fabricante. Colocar el filtro en el soporte y asegurarlo.

**C.8.1.1.5** Pesar una submuestra de los residuos (100 gramos mínimo) y registrar su peso.

**C.8.1.1.6** Permitir que los lodos sedimenten en la fase sólida. Las muestras que sedimenten lentamente pueden centrifugarse antes de la filtración. La centrifugación se usará solamente como ayuda de la filtración. Si se realiza la centrifugación, el líquido debe ser decantado y filtrado y después filtrar la parte sólida de los residuos a través del mismo sistema de filtración.

**C.8.1.1.7** Transferir cuantitativamente la muestra al portafiltros (fases líquida y sólida). Distribuir la muestra de manera uniforme sobre la superficie del filtro. Si la filtración de los residuos a 4°C reduce la cantidad de líquido filtrado a más de lo que se debe filtrar a temperatura ambiente, entonces dejar que la muestra alcance la temperatura ambiente en el equipo antes de filtrar.

Aplicar gradualmente vacío o presión suave de 1-10 psig, hasta que el aire o el gas de presurización pase a través del filtro. Si no se alcanza este punto a menos de 10 psig, y en caso de que no haya pasado más líquido por el filtro en cualquier intervalo de 2 minutos, lentamente aumentar la presión en incrementos de 10 psig hasta un máximo de 50 psig. Después de cada incremento de 10 psig, si el gas de presurización no se ha movido a través del filtro, y en caso de que no haya pasado más líquido por el filtro en cualquier intervalo de 2 minutos, proceder al próximo incremento de 10 psig. Cuando el gas de presurización comienza a pasar por el filtro, o cuando cesa el flujo de líquido a 50 psig (es decir, la filtración no da lugar a ningún filtrado adicional dentro de cualquier periodo de 2 minutos), detener la filtración.

**NOTA 1:** Si el material de la muestra (> 1% del peso original de la muestra) se ha adherido al recipiente utilizado para transferir la muestra al aparato de filtración, determinar el peso de este residuo y réstelo del peso de la muestra determinado en el numeral C.8.1.1.5 a fin de determinar el peso de la muestra que será filtrada.

**NOTA 2:** La aplicación instantánea de presión alta puede inutilizar el filtro de fibra de vidrio y puede causar un taponamiento prematuro.

**C.8.1.1.8** El material retenido en el filtro se define como la fase sólida del residuo y el filtrado como la fase líquida.

**NOTA:** Algunas muestras, tales como los residuos aceitosos y algunos residuos de pintura, evidentemente contendrán algún material que parece ser un líquido, pero incluso después de aplicar el vacío o la presión de filtración, como se indica en el numeral C.8.1.1.7, este material puede no filtrarse. Si este es el caso, el material en el dispositivo de filtración se define como un sólido. No reemplazar el filtro original con un nuevo filtro bajo ninguna circunstancia. Emplear únicamente un filtro.

**C.8.1.1.9** Determinar el peso de la fase líquida, restando el peso del recipiente vacío (véase C.8.1.1.3), del peso total del recipiente con el filtrado. Determinar el peso de la fase sólida de la muestra restando el peso de la fase líquida del peso total de la muestra, según se determinó en el numeral C.8.1.1.5 o C.8.1.1.7.

Registrar el peso de las fases líquida y sólida. Calcular el porcentaje de sólidos de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de sólidos} = \left( \frac{\text{Peso de sólido, numeral A.8.1.1.9}}{\text{Peso total del residuo, numeral A.8.1.1.5 o A.8.1.1.7}} \right) * (100)$$

**C.8.1.2** Si el porcentaje de sólidos determinado en el numeral C.8.1.1.9 es igual o superior a 0.5%, entonces proceder conforme al numeral C.8.1.3 para determinar si el material sólido requiere reducción de tamaño de las partículas o al numeral C.8.1.2.1, si se observó que el filtrado está húmedo. Si el porcentaje de sólidos determinado en el numeral C.8.1.1.9 es inferior al 0.5%, proseguir con el numeral C.8.2.9, si se va a llevar a cabo el análisis de no volátiles con el método 1312. Si se desarrolla el procedimiento para determinar los constituyentes volátiles aplicando el método 1312, se realizará con una nueva porción de los residuos volátiles, de acuerdo con el numeral C.8.3.

**C.8.1.2.1** Retirar la fase sólida y el filtro del aparato de filtración.

**C.8.1.2.2** Secar el filtro y la fase sólida a  $100 \pm 20^\circ\text{C}$  hasta que dos pesajes sucesivos den el mismo valor dentro de  $\pm 1\%$ . Registrar el peso final.

Precaución: El horno de secado debe de desfogar a una campana u otro aparato adecuado para eliminar la posibilidad de que las emanaciones de la muestra se escapen al laboratorio. Verificar que la muestra no chispee o reaccione violentamente al calentarse.

**C.8.1.2.3** Calcular el porcentaje de sólidos secos como sigue:

$$\text{Porcentaje de sólidos secos} = \left( \frac{(\text{Peso de la muestra seca}) + \text{Filtro} - \text{peso de filtro}}{\text{Peso inicial de la muestra, numeral A.8.1.1.5 o A.8.1.1.7}} \right) * (100)$$

**C.8.1.2.4** Si el porcentaje de sólidos secos es menor a 0.5%, proseguir con el numeral C.8.2.9, si se va a realizar el análisis de no volátiles con el método 1312, y con el numeral C.8.3 si se va a realizar el análisis de volátiles con el método 1312. Si el porcentaje de sólidos secos es mayor o igual a 0.5%, y si se tiene que llevar a cabo el análisis de no volátiles con el método 1312, regresar al inicio de esta etapa (véase C.8.1) y, con una nueva porción de la muestra determinar si la reducción de partículas es necesaria (véase C.8.1.3).

**C.8.1.3** Determinar si el residuo requiere reducción de tamaño de la partícula (reducir el tamaño de la partícula en este paso): Utilizar la parte sólida, calcular el sólido para el tamaño de la partícula. Reducir el tamaño de las partículas, si el sólido tiene una superficie por gramo de material igual o superior a  $3.1 \text{ cm}^2$ , o sea inferior a 1 cm en su dimensión más estrecha (es decir, es capaz de pasar a través de un tamiz estándar de 9.5 mm (0.375 pulgadas)). Si la superficie es menor o el tamaño de la partícula es mayor a lo descrito, preparar la porción de sólidos de la muestra para extracción por medio de trituración, corte o molido de los residuos a una superficie o tamaño de las partículas como se ha descrito. Si los sólidos se preparan para una extracción de compuestos volátiles orgánicos, tomar precauciones especiales (véase C.8.3.6).

**NOTA:** Los criterios para las áreas de superficie son para materiales de residuos filamentosos (por ejemplo, papel, tela, y otros similares). La medición de la superficie no es necesaria, ni es recomendable. Para materiales que obviamente no cumplen los criterios, se necesitaría desarrollar y emplear métodos específicos de la muestra para medir el área superficial. Esa metodología no está disponible actualmente.

**C.8.1.4** Determinación del fluido de extracción apropiado:

**C.8.1.4.1** Para residuos y aguas residuales, utilizar el fluido de extracción # 1.

**C.8.1.4.2** Para residuos y/o suelos que contengan residuos de cianuro, utilizar el fluido de extracción # 2 (agua grado reactivo) ya que el lixiviado que contiene muestras de cianuro en condiciones ácidas puede dar lugar a la formación de cianuro de hidrógeno gaseoso.

**C.8.1.5** Si se determinó en el numeral C.8.1.1.1 que la alícuota de la muestra utilizada para la evaluación preliminar (numerales C.8.1.1 al C.8.1.4) es sólido 100%, entonces utilizar para la extracción del numeral C.8.2 (suponiendo de que queden cuando menos 100 gramos), y para la extracción del numeral C.8.3 (suponiendo que queden cuando menos 25 gramos). Si la alícuota fue sometida al procedimiento del numeral C.8.1.1.7, utilizar otra alícuota para el procedimiento de extracción de volátiles en el numeral C.8.3. La alícuota de los residuos sometidos al procedimiento en el numeral C.8.1.1.7 podría ser apropiada para usarse para la extracción del numeral C.8.2 si se obtuvo una cantidad adecuada de sólidos (según lo determinado por el numeral C.8.1.1.9).

La cantidad de sólidos necesaria dependerá de si se produce una cantidad suficiente de extracto para realizar el análisis. Si queda una cantidad adecuada de los sólidos, proseguir con numeral C.8.2.10 de extracción de no volátiles con el método 1312.

**C.8.2** Procedimiento para determinar los constituyentes no volátiles.

Se recomienda un tamaño mínimo de muestra de 100 gramos (sólidos y líquidos). En algunos casos, puede ser apropiada una muestra de mayor tamaño en función del contenido de sólidos de la muestra de residuos (porcentaje de sólidos, véase C.8.1.1); si la fase líquida inicial de los residuos es miscible con el extracto acuoso del sólido; y si las sustancias inorgánicas, sustancias inorgánicas semivolátiles, pesticidas y herbicidas son análisis de interés. Generar suficientes sólidos para la extracción de manera que el volumen del Extracto 1312 sea suficiente para llevar a cabo todos los análisis necesarios. Si la cantidad del Extracto generado no es suficiente para llevar a cabo todos los análisis, se puede llevar a cabo más de una extracción y combinar los extractos de cada uno para su análisis.

**C.8.2.1** Si la muestra no produce líquido cuando es sometida a la presión de la filtración (es decir, es 100% sólido, véase C.8.1.1), pesar una submuestra de la muestra (100 gramos mínimo) y prosiga con el numeral C.8.2.9.

**C.8.2.2** Si la muestra es líquida o de fases múltiples, efectuar una separación líquido/sólido. Utilizar el dispositivo de filtración referido en el numeral C.5.3.2 y descrito en los numerales C.8.2.3 al C.8.2.8.

**C.8.2.3** Pesar previamente el recipiente que recibirá el filtrado.

**C.8.2.4** Ensamblar el portafiltro y el filtro de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Colocar y asegurar el filtro en el soporte. Si se está evaluando la movilidad de los metales lave el filtro con ácido (véase C.5.4).

**NOTA:** Los filtros lavados con ácido se pueden utilizar para todas las extracciones no volátiles, incluso cuando los metales no son de interés.

**C.8.2.5** Pesar una submuestra de la muestra (100 gramos mínimo) y registrar el peso. Si el residuo contiene <0.5% de sólidos secos (véase C.8.1.2), la porción líquida del residuo después de la filtración, se define como el Extracto 1312. Por lo tanto, filtrar suficiente muestra, para que la cantidad de líquido filtrado alcance para realizar todos los análisis requeridos del Extracto 1312. Para los residuos que contienen > 0.5% de sólidos secos (numerales C.8.1.1 o C.8.1.2), utilizar la información de porcentaje de sólidos obtenida en el numeral C.8.1.1 para determinar el tamaño óptimo de la muestra (mínimo 100 gramos) para la filtración. A través de la filtración, se debe obtener una cantidad suficiente de sólidos, de tal forma que, al aplicar el método 1312, se genere un volumen adecuado del Extracto 1312 que permita realizar los análisis requeridos.

**C.8.2.6** Dejar reposar los lodos para permitir que se asiente la fase sólida. Las muestras que se asientan lentamente pueden ser centrifugadas antes de la filtración. Utilizar la centrifugación sólo como una ayuda a la filtración. Si la muestra es centrifugada, el líquido debe ser decantado y filtrado, seguido por la filtración de la parte sólida del residuo a través del mismo sistema de filtración.

**C.8.2.7** Transferir cuantitativamente la muestra (fases líquida y sólida) al portafiltro (ver numeral C.5.3.2). Distribuir la muestra de residuo de manera uniforme sobre la superficie del filtro. Si la filtración del residuo a 4°C reduce la cantidad de líquido filtrado más de lo que se filtraría a temperatura ambiente, entonces dejar que la muestra alcance la temperatura ambiente en el dispositivo antes de filtrar.

Aplicar vacío gradualmente o presión de 1-10 psig, hasta que el aire o gas de presurización pase a través del filtro. Si no se llega a éste a menos de 10 psig, y si no pasa líquido a través del filtro en intervalos de 2 minutos, aumentar lentamente la presión en incrementos de 10 psig hasta un máximo de 50 psig. Si después de cada incremento de 10 psig, el gas de presurización no ha pasado a través del filtro, y no ha pasado líquido adicional a través del filtro en cualquier intervalo de 2 minutos, proceder con el próximo incremento de 10 psig. Cuando el gas de presurización comienza a pasar por el filtro, o cuando cesa el flujo de líquido a 50 psig (es decir, la filtración no da lugar a ningún filtrado adicional en un periodo de 2 minutos), detener la filtración.

**NOTA 1:** Si el material de residuo (> 1% del peso de la muestra inicial) se ha adherido al recipiente usado para transferirla al aparato de filtración, determinar el peso de este residuo y restar del peso de la muestra determinada en el numeral C.8.2.5, para conocer el peso de la muestra del residuo que será filtrado.

**NOTA 2:** La aplicación instantánea de alta presión puede inutilizar el filtro de fibra de vidrio y puede causar taponamiento prematuro.

**C.8.2.8** El material retenido en el portafiltro se define como la fase sólida de la muestra, y el filtrado se define como la fase líquida. Pesar el filtrado. La fase líquida puede ahora ser analizada (véase C.8.2.12) o almacenada a 4°C hasta el momento del análisis.

**NOTA:** Algunos residuos, como los aceitosos y de pintura, contienen material que tiene la apariencia de un líquido. Incluso después de aplicar el vacío o la presión de filtración, como se indica en el numeral C.8.2.7, este material puede no filtrar. Si este es el caso, el material en el dispositivo de filtración se define como un sólido, y se lleva a través de la extracción como un sólido. Bajo ninguna circunstancia vaya a reemplazar el filtro original por un filtro nuevo. Utilizar sólo un filtro.

**C.8.2.9** Si la muestra contiene <0.5% de sólidos secos (véase C.8.1.2), proseguir con el numeral C.8.2.13. Si la muestra contiene > 0.5% de sólidos secos (véase C.8.1.1 o C.8.1.2) y, en caso de que haya sido necesaria la reducción del tamaño de las partículas del sólido en el numeral C.8.1.3, proseguir con el numeral C.8.2.10. Si la muestra recibida pasa por un tamiz de 9.5 mm, transferir cuantitativamente el material sólido al frasco extractor junto con el filtro usado para separar el líquido inicial de la fase sólida, y proseguir con el numeral C.8.2.11.

**C.8.2.10** Preparar la porción sólida de la muestra para la extracción moliendo, recortando o triturando los residuos a una área o tamaño de partícula tal y como se describe en el numeral C.8.1.3. Cuando la superficie o el tamaño de partículas han sido alterados adecuadamente, transferir cuantitativamente el material sólido al frasco de extracción. Incluir el filtro usado para separar el líquido inicial de la fase sólida.

**NOTA:** Normalmente no se requiere el tamizado de los residuos. Los requisitos del área superficial son para materiales de residuo filamentosos (por ejemplo, papel, tela) y similares. No se recomienda la medición efectiva de la superficie. Si el tamizado es necesario, utilizar un tamiz con revestimiento de teflón para evitar la contaminación de la muestra.

**C.8.2.11** Determinar la cantidad de fluido de extracción para añadir al recipiente extractor de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje del fluido de extracción} = \left( \frac{(20) \cdot (\% \text{ de sólidos } *) \cdot (\text{peso de los residuos filtrados } **)}{100} \right)$$

\* Numeral C.8.1.1

\*\* Numeral C.8.2.5 o C.8.2.7

Añadir poco a poco la cantidad adecuada de fluido de extracción (véase C.8.1.4) al recipiente de extracción. Cerrar el frasco del extractor perfectamente (es recomendable utilizar cinta de teflón para asegurar un sellado hermético), asegurar en el dispositivo extractor rotatorio, y rotar a  $30 \pm 2$  rpm durante  $18 \pm 2$  horas. La temperatura ambiente (es decir, la temperatura de la habitación en la que la extracción toma lugar) se mantendrá a un nivel de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  durante el periodo de extracción.

**NOTA:** Mientras la agitación continúa, la presión se puede acumular dentro del recipiente extractor en algunos tipos de muestra (por ejemplo, muestras que contengan cal o carbonato de calcio pueden desarrollar gases como el dióxido de carbono). Para aliviar el exceso de presión, abrir periódicamente el frasco extractor (por ejemplo, después de 15 minutos, 30 minutos, y 1 hora) y desfogar en una campana de ventilación.

**C.8.2.12** Después de las  $18 \pm 2$  horas de extracción separar el material en el recipiente de extracción, en sus componentes líquido y sólido por medio de filtración a través de un nuevo filtro de fibra de vidrio, tal como se indica en el numeral C.8.2. Para la filtración final del Extracto 1312, de ser necesario, se puede cambiar el filtro de fibra de vidrio para facilitar la filtración. Los filtros serán lavados en ácido (véase C.5.4), si se está evaluando la movilidad de los metales.

**C.8.2.13** Preparar el Extracto 1312 de la siguiente manera:

**C.8.2.13.1** Si el residuo no contiene fase líquida inicial, el líquido filtrado obtenido del numeral C.8.2.12 se define como el Extracto 1312. Proseguir con el numeral C.8.2.14.

**C.8.2.13.2** Si los líquidos son compatibles (por ejemplo, no resultaran fases múltiples de la combinación), combinar el líquido filtrado resultante del numeral C.8.2.12 con la fase líquida inicial de la muestra obtenida en el numeral C.8.2.7. Este líquido combinado se define como el Extracto 1312. Proseguir con el numeral C.8.2.14.

**C.8.2.13.3** Si la fase líquida inicial de los residuos, obtenida del numeral C.8.2.7, no es o no puede ser compatible con el líquido filtrado resultante del numeral C.8.2.12, no combinar estos líquidos. Analizar estos líquidos, definidos de manera colectiva como el Extracto 1312, y combinar los resultados matemáticamente, como se describe en el numeral C.8.2.14.

**C.8.2.14** Después de colectar el Extracto 1312, registrar el pH del extracto. Inmediatamente tomar una alícuota y guardar el extracto para su análisis. Acidificar las alícuotas para análisis de metales con ácido nítrico a un pH < 2. Si se observa precipitación en la adición de ácido nítrico a una pequeña alícuota del extracto, entonces no acidificar el resto del extracto para análisis de metales y analizar el extracto lo antes posible. Conservar las demás alícuotas en refrigeración (4°C) hasta su análisis. Preparar y analizar el Extracto 1312 de acuerdo a los métodos analíticos apropiados. Digerir los Extractos 1312 para metales con ácido, salvo en los casos donde la digestión cause la pérdida de analitos metálicos. Si un análisis del extracto sin digerir muestra que la concentración de cualquier analito metálico regulado excede el nivel regulatorio, entonces se trata de un residuo peligroso y la digestión del extracto no es necesaria. Sin embargo, los datos sobre los extractos no digeridos por sí solos no pueden ser utilizados para demostrar que los residuos no son peligrosos. Si cada una de las fases se analizaran por separado, determine el volumen de las fases individuales ( $a \pm 0.5\%$ ), haga los análisis apropiados y combine los resultados matemáticamente mediante un promedio volumen-peso:

$$\text{Concentración final del analito} = \frac{(V_1) \cdot (C_1) + (V_2) \cdot (C_2)}{(V_1 + V_2)}$$

Donde:

$V_1$  = El volumen de la primera fase (L).

$C_1$  = La concentración del analito de interés en la primera fase (mg/L).

$V_2$  = El volumen de la segunda fase (L).

$C_2$  = La concentración del analito de interés en la segunda fase(mg/L).

**C.8.2.15** Comparar las concentraciones de analito en el Extracto 1312 con los niveles señalados en las disposiciones reglamentarias correspondientes. Consulte el numeral C.9 para los requisitos de garantía de calidad.

### **C.8.3** Procedimiento para determinar los constituyentes volátiles.

Utilizar el dispositivo VMC para obtener el Extracto 1312 para el análisis de compuestos volátiles únicamente. No utilizar el extracto resultante para evaluar la movilidad de analitos no volátiles (por ejemplo, metales, pesticidas, etc.).

El dispositivo VMC cuenta con una capacidad interna de aproximadamente 500 mL. El VMC puede, por lo tanto, servir para un máximo de 25 gramos de sólidos (definido como la fracción de una muestra en la cual ningún líquido adicional puede ser forzado a salir aplicando una presión aplicada de 50 psig), debido a la necesidad de agregar una cantidad de fluido extractante igual a 20 veces el peso de la fase sólida.

Cargar el VMC una sola vez con la muestra y no abrir hasta que el extracto final (del sólido) haya sido colectado. No deben permitirse llenados repetitivos del VMC para obtener 25 gramos de sólidos.

No permitir que la muestra inicial, la fase líquida inicial, o el extracto sean expuestos a la atmósfera por más tiempo del absolutamente necesario. Efectuar cualquier manipulación de estos materiales en frío (4°C) para minimizar la pérdida de compuestos volátiles.

**C.8.3.1** Pesar el contenedor del colector de filtrados (evacuado) (véase C.5.6). Si utiliza una bolsa Tedlar pasar todo el líquido del dispositivo VMC en la bolsa, ya sea para la separación inicial o final del líquido/sólido, y tomar una alícuota del líquido en la bolsa para análisis. Los contenedores que figuran en el numeral C.5.6 se recomiendan para uso en las condiciones definidas en los numerales C.5.6.1 a C.5.6.3.

**C.8.3.2** Colocar el pistón VMC dentro del cuerpo del VMC (humedecer ligeramente los anillos O del pistón con el fluido de extracción). Ajustar el pistón dentro del cuerpo del aparato a una altura que minimice la distancia a la que el pistón tendrá que moverse una vez que sea cargado con la muestra (basado en los requerimientos del tamaño de la muestra determinados por los numerales C.8.3, C.8.1.1 y/o C.8.1.2). Asegurar la brida del fondo (entrada y salida del gas) en el cuerpo del VMC de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Asegurar el filtro de fibra de vidrio entre las dos mallas del soporte y colocar aparte. Colocar aparte la brida de entrada y salida del gas (brida superior).

**C.8.3.3** Si la muestra es 100% sólida (véase C.8.1.1), pesar una submuestra (25 gramos como máximo) de los residuos, registrar el peso, y proceder al numeral C.8.3.5.

**C.8.3.4** Si la muestra contiene <0.5% de sólidos secos (véase C.8.1.2), la porción líquida, después de la filtración, se define como el Extracto 1312. Filtrar suficiente muestra de modo que la cantidad de líquido filtrado sea la necesaria para realizar todos los análisis de constituyentes volátiles requeridos. Para muestras que tienen 0.5 % de sólidos secos o más (numerales C.8.1.1 y/o C.8.1.2), usar la información obtenida en el numeral C.8.1.1 del por ciento de sólidos para determinar el tamaño de muestra óptima a ser cargado en el VMC. El tamaño de muestra recomendado es el siguiente:

**C.8.3.4.1** Para muestras que contienen <5% de los sólidos (véase C.8.1.1), pesar una submuestra de 500 gramos de residuos y registrar el peso.

**C.8.3.4.2** Para residuos que contengan >5% de los sólidos (véase C.8.1.1), determinar la cantidad de residuos a cargar al VMC de la siguiente manera:

$$\text{Peso de los residuos a cargar al VMC} = \left( \frac{25}{\% \text{ de sólidos, numeral A. 8.1.1}} \right) \cdot (100)$$

**C.8.3.4.3** Pesar una submuestra de los residuos del tamaño apropiado y registrar el peso.

**C.8.3.5** Si se requirió la reducción del tamaño de la partícula de la parte sólida de la muestra en el numeral C.8.1.3, prosiga con el numeral C.8.3.6. Si no se requirió la reducción del tamaño de la partícula en el numeral C.8.1.3, proseguir con el numeral C.8.3.7.

**C.8.3.6** Preparar la muestra para la extracción triturando, cortando o moliendo la porción sólida de los residuos a una superficie o tamaño de las partículas tal y como se describe en el numeral C.8.1.3. Los residuos y el equipo de reducción adecuado deben mantenerse en refrigeración. Si es posible, a 4°C previo a la reducción de las partículas. Los medios utilizados para la reducción del tamaño de las partículas no deben generar calor en sí y por sí mismos. Si la reducción de la fase sólida de los residuos es necesaria, evitar la exposición de los residuos a la atmósfera en la medida de lo posible.

**NOTA:** No se recomienda el tamizado de los residuos debido a la posibilidad de que los compuestos volátiles pueden perderse. Como alternativa se recomienda el uso de una regla graduada. Los requisitos del área superficial son para residuos filamentosos (Por ejemplo, papel, tela) y materiales similares. No se recomienda la medición del área superficial.

Cuando el área superficial o tamaño de las partículas ha sido apropiadamente alterada, proseguir con el numeral C.8.3.7.

**C.8.3.7** Los residuos lodosos no deben asentarse; no se debe centrifugar la muestra antes de la filtración.

**C.8.3.8** Transferir cuantitativamente la muestra (fase líquida y sólida) rápidamente a la VMC. Asegurar el filtro y las mallas de soporte en la brida superior del equipo y asegurar esta brida al cuerpo de la VMC de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Apretar todos los aditamentos de la VMC y colocar el equipo en la posición vertical (con la brida de entrada y salida de gases en el fondo). No adherir el aparato de colección de la extracción a la placa superior.

**NOTA:** Si más del 1% del peso de la muestra original se adhirió al recipiente usado para transferirla a la VMC, determinar el peso de este residuo y restar del peso de la muestra determinada según el numeral C.8.3.4 para calcular el peso efectivo de la muestra que va a ser filtrada.

Conectar una línea de gas a la válvula de entrada y salida de gases (brida inferior) y con la válvula de entrada y salida de líquidos (brida superior) abierta, comenzar a aplicar presión suavemente de 1-10 psig (o más si es necesario) para lentamente eliminar el volumen muerto del aparato VMC hacia la campana. Al aparecer líquido en la válvula de entrada y salida de líquidos, cerrar rápidamente la válvula y quitar la presión. Si la filtración del residuo a 4°C reduce la cantidad de líquido filtrado comparada con la que se obtendría filtrada a temperatura ambiente, permitir que la muestra alcance la temperatura ambiente en el equipo antes de efectuar la filtración.

Si los residuos son 100% sólidos (véase C.8.1.1), incrementar lentamente la presión a un máximo de 50 psig para forzar la salida del volumen muerto del aparato y prosiga con el numeral C.8.3.12.

**C.8.3.9** Unir el recipiente de recolección de filtrado, previamente pesado a la válvula de entrada y salida de líquidos y abrir la válvula. Comenzar aplicando presión suave de 1-10 psig para pasar la fase líquida al recipiente recolector. Si no ha pasado líquido adicional por el filtro en intervalos de 2 minutos, lentamente incremente la presión en incrementos de 10-psig hasta un máximo de 50 psig. Después de cada incremento de 10 psig, si no ha pasado líquido adicional por el filtro en algún intervalo de 2 minutos, proceder al siguiente incremento de 10 psig. Cuando ha parado el flujo de líquido al grado de que la presión continua de 50 psig no resultan en filtrados adicionales dentro de los periodos de 2 minutos, detenga la filtración. Cerrar la válvula de entrada y salida de líquidos, elimine la presión al pistón, desconecte y pese el recipiente de recolección de filtrado.

**NOTA:** La aplicación instantánea de presión puede fracturar el filtro de fibra de vidrio y causar un taponamiento prematuro.

**C.8.3.10** El material en el VMC se define como la fase sólida del residuo y el filtrado como la fase líquida.

**NOTA:** Algunos residuos, como los residuos grasos y algunos residuos de pintura, contienen algún material que aparenta ser líquido. Incluso después de aplicar la presión de filtración, este material no filtrará. Si este es el caso, el material en el dispositivo de filtración se define como un sólido, y se aplicará el método 1312.

Si el residuo original contenía menos de 0.5% de sólidos secos (véase C.8.1.2), este filtrado se define como Extracto 1312 y es analizado directamente. Proseguir al numeral C.8.3.15.

**C.8.3.11** Analizar la fase líquida inmediatamente (véanse C.8.3.13 a C.8.3.15) o almacenar a 4°C bajo condiciones mínimas de volumen muerto hasta el momento del análisis. Determinar el peso del fluido de extracción adicionar al VMC como sigue:

$$\text{Peso del fluido de extracción} = \left( \frac{(20)(\% \text{ de sólidos } *) (\text{peso de residuos filtrados } **)}{100} \right)$$

\* Numeral C.8.1.1

\*\* Numeral C.8.3.4 o C.8.3.8

**C.8.3.12** Los siguientes numerales describen cómo añadir la adecuada cantidad de fluido de extracción al material sólido dentro del VMC y la agitación del vaso VMC.

**C.8.3.12.1** Con el VMC en posición vertical, conectar una línea del depósito del fluido de extracción a la válvula de entrada y salida de líquidos. Llenar la línea con el fluido de extracción fresco y enjuagado previamente con fluido para eliminar las burbujas de aire en la línea. Liberar la presión de gas en el pistón VMC (por medio de la válvula de entrada y salida de gas), abrir la válvula de entrada y salida de líquidos y comenzar a transferir el fluido de extracción (por bombeo o métodos similares) al VMC. Continuar presionando el fluido de extracción, hasta que la cantidad apropiada haya sido introducida al equipo.

**C.8.3.12.2** Después de añadir el fluido de extracción, cerrar inmediatamente la válvula de entrada y salida de líquidos y desconectar la línea del fluido de extracción. Revisar el VMC para asegurarse que todas las válvulas están cerradas. Girar el equipo manualmente de arriba a abajo 2 o 3 veces. Regresar el VMC a la posición vertical con la válvula de entrada y salida de líquidos en la parte de arriba. Presurizar el VMC a 5 -10 psig (si es necesario) y abrir lentamente la válvula de entrada y salida de líquidos para desplazar cualquier volumen muerto que pueda haber sido introducido al agregar el fluido de extracción. Este sangrado debe hacerse repetidamente y detenerse en cuanto aparezca líquido en la válvula. Represurizar el VMC con 5-10 psig y verificar todos los aditamentos del VMC para asegurarse que estén cerrados.

**C.8.3.12.3** Colocar el VMC en el aparato de agitación rotatorio (si no está ya ahí) y rotar a  $30 \pm 2$  rpm durante  $18 \pm 2$  horas. La temperatura ambiente (es decir, la temperatura del cuarto en que ocurre la extracción) debe mantenerse a  $22 \pm 3^\circ\text{C}$  durante la agitación.

**C.8.3.13** Después de las  $18 \pm 2$  horas de rotación, comprobar la presión en el pistón del VMC abriendo y cerrando rápidamente la válvula de entrada y salida de gases y observando el escape de gas. Si la presión no se ha mantenido (es decir, no se observa escape de gas) el equipo tiene fugas. Revisar el VMC por fugas como se especifica en el numeral C.5.2.1 y repetir la extracción con una nueva muestra de residuos. Si la presión dentro del equipo se mantuvo, el material en el recipiente de extracción separar de nuevo en sus componentes líquido y sólido. Si el residuo contenía una fase líquida inicial, el líquido puede filtrarse directamente en el mismo recipiente de recolección de filtrados (por ejemplo, la bolsa TEDLAR) que contiene la fase líquida inicial del residuo. Se debe usar un recipiente de recolección de filtrado separado, si combinándolos se formarían fases múltiples o si no tiene suficiente volumen dentro del recipiente de colección del filtrado. Filtrar a través de filtro de fibra de vidrio usando el aparato VMC utilizando el aparato VMC como se describe en el numeral C.8.3. Todos los extractos deberán filtrarse y colectarse si se utilizan bolsas TEDLAR, si el extracto es de fases múltiples, o si el residuo contenía una fase líquida inicial (véanse C.5.6 y C.8.3.1).

**NOTA:** usar un filtro de fibra de vidrio en línea para filtrar el material dentro del VMC si se sospecha que el filtro está fracturado.

**C.8.3.14** Si la muestra original no contiene ninguna fase líquida inicial, el material líquido filtrado obtenido conforme al numeral C.8.3.13, se define como Extracto 1312. Si la muestra contenía una fase líquida inicial, el material líquido filtrado obtenido del numeral C.8.3.13 y la fase líquida inicial (véanse C.8.3.9) se definen en conjunto como Extracto 1312.

**C.8.3.15** Después de la recolección del Extracto 1312, preparar inmediatamente para análisis a preservar con volumen muerto mínimo a 4°C hasta que se vaya a analizar. Efectuar el análisis con los métodos analíticos apropiados. Si las fases individuales se van a analizar separadamente (es decir, no son miscibles), determinar el volumen de las fases individuales (a 0.5%), realizar los análisis apropiados y combine los resultados matemáticamente, usando un simple promedio volumen-peso:

$$\text{Concentración final del analito} = \frac{(V_1)(C_1) + (V_2)(C_2)}{(V_1 + V_2)}$$

En donde:

$V_1$  = El volumen de las primeras fases (L)

$C_1$  = La concentración del analito de interés en la primera fase (mg/L).

$V_2$  = El volumen de la segunda fase (L)

$C_2$  = La concentración del analito de interés en la segunda fase (mg/L).

**C.8.3.16** Comparar la concentración del Extracto 1312 con los niveles identificados como permisibles señalados en las normas. Consultar el numeral C.9 para los requisitos de garantía de calidad.

**C.9** Control de calidad.

**C.9.1** Realizar por lo menos un ensayo en blanco (usando el mismo fluido de extracción que se usa para la muestra) por cada 20 extracciones que se lleven a cabo en un mismo recipiente de extracción.

**C.9.2** Preparar una matriz adicionada para cada tipo de residuo (por ejemplo; lodos del tratamiento de aguas residuales, suelos contaminados, etc.), excepto cuando el resultado exceda el nivel permitido y los datos se emplean únicamente para demostrar que las propiedades del residuo exceden el nivel permitido. Analizar una matriz adicionada por cada lote analítico. Seguir las indicaciones proporcionadas por cada método analítico sobre las adiciones a la matriz.

**C.9.2.1** Adicionar la matriz después de la filtración del Extracto 1312 y antes de su conservación. No adicionar antes de realizar la extracción con el método 1312 de la muestra.

**C.9.2.2** Adicionar la matriz en una concentración equivalente a la del nivel permisible. Si la concentración del analito es menor que la mitad del nivel permitido, la concentración adicionada puede ser tan baja como la mitad de la concentración del analito, pero no debe ser menor que 5 veces el límite de detección del método. A fin de evitar diferencias debidas al efecto de la matriz, adicionar la matriz a un volumen nominal igual al del Extracto 1312 que se analizó para la matriz sin adición.

**C.9.2.3** El propósito de la matriz adicionada es dar seguimiento a la aplicación de los métodos usados y determinar cuando existe una interferencia debido a la matriz. El uso de otros métodos de calibración internos, modificaciones a los métodos analíticos o el uso de métodos analíticos alternativos pueden ser necesarios para medir con precisión la concentración de analitos en el Extracto 1312 cuando la recuperación del testigo es menor al desempeño esperado del método analítico.

**C.9.2.4** La recuperación a partir de una muestra adicionada se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% R = \frac{(100)(X_s - X_u)}{K}$$

Donde:

% R = % de recuperación

$X_s$  = valor determinado para la matriz adicionada

$X_u$  = valor determinado para la matriz sin adición, y

K = valor conocido de adición en la matriz

**C.9.3** Se deben seguir todas las medidas de control descritas en el método analítico.

**C.9.4** El uso de métodos de calibración interna se emplearán para un contaminante metálico si: (1) la recuperación del contaminante del Extracto 1312 no es al menos de un 50% y la concentración no exceda el nivel permisible, y (2) la concentración del contaminante medido en el extracto está dentro del 20% del nivel permisible.

**C.9.4.1** Se deberá usar el método de adiciones estándar como método de calibración interna para cada uno de los metales contaminantes.

**C.9.4.2** El método de adición estándar requiere preparar estándares de calibración con la matriz normal de calibración y un blanco de reactivos. Tomar cuatro alícuotas idénticas de solución y adicionar cantidades conocidas de estándar normal a tres de estas alícuotas. La cuarta alícuota es la desconocida. Preferiblemente, se debe preparar la primera adición a manera que la concentración resultante sea de

aproximadamente el 50% de la concentración esperada de la muestra. Preparar la segunda y tercera adición a manera de que las concentraciones sean de aproximadamente el 100% y 150% de la concentración esperada de la muestra. Aforar las cuatro alícuotas al volumen con agua grado reactivo o una solución blanco, y diluir en caso de ser necesario para mantener las señales en el rango lineal de la técnica instrumental. Analizar las cuatro alícuotas.

**C.9.4.3** Preparar una gráfica con los datos, o calcular la regresión lineal, de las señales del instrumento o de las concentraciones derivadas de calibraciones externas como la variable dependiente (eje- y) frente a las concentraciones de las adiciones estándar como la variable independiente (eje -x). Resuelva para la intercepción de la abscisa (la variable independiente, eje -x) que es la concentración desconocida.

**C.9.4.4** Restar la señal instrumental o concentración derivada de la calibración externa de la muestra desconocida (sin adición de las señales instrumentales o concentraciones derivadas de calibraciones externas de las normas adicionadas). Graficar o calcular la regresión lineal de las señales instrumentales corregidas o las concentraciones derivadas de calibraciones externas corregidas como la variable dependiente frente a la variable independiente. Obtener la concentración desconocida con la curva de calibración interna como si fuera una curva de calibración externa.

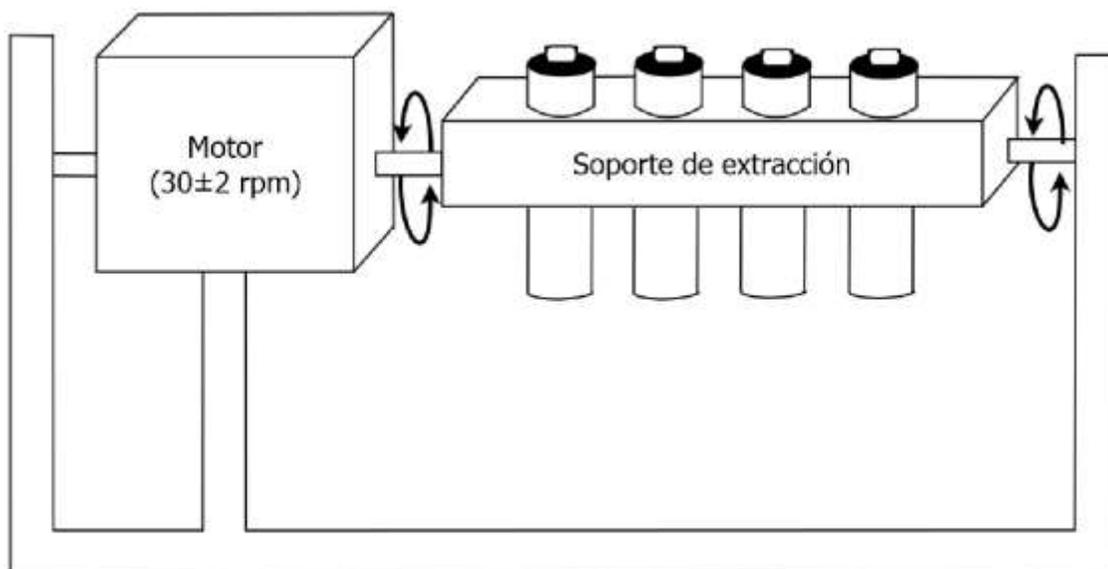
**C.9.5** Tratar las muestras para la extracción con el método 1312 dentro de los siguientes plazos:

**Tabla C.1. Tiempos máximos para retención de muestras (días)**

	De: La recolección en campo A: Extracción con el método 1312	De: La extracción con el método 1312 A: La preparación para la extracción	De: La preparación para la extracción A: La determinación analítica	Total de Tiempo Transcurrido
Volátiles	14	NA*	14	28
Semivolátiles	14	7	40	61
Mercurio	28	NA*	28	56
Metales excepto mercurio	180	NA*	180	360

\*NA = No aplica

Si se exceden los tiempos de retención, los valores obtenidos se considerarán como concentraciones mínimas. No es aceptable exceder el tiempo de retención para establecer que un residuo no excede el nivel permisible. El tiempo de retención excedido no invalidará la caracterización si el residuo excede el nivel permisible.



**Figura C.1 Aparato rotatorio de agitación**

MÉTODO 1312

PROCEDIMIENTO DE LIXIVIACIÓN DE PRECIPITACIÓN SINTÉTICA

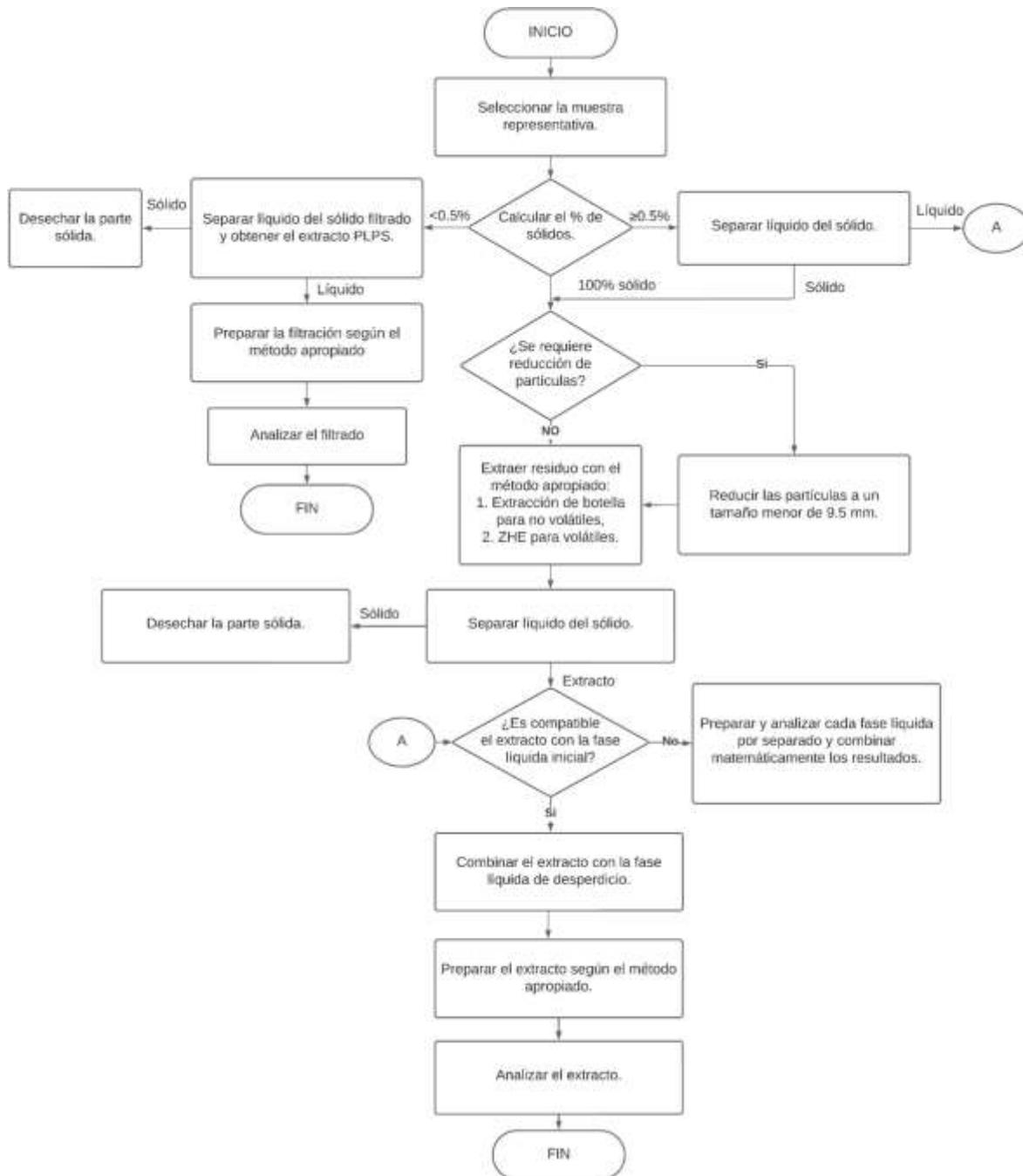


Figura C.2 Procedimiento de lixiviación de precipitación sintética

**Apéndice D****(Normativo)****Estudio integral para la caracterización de residuos****D.1 Muestreo**

Para la caracterización del residuo, las muestras deben ser obtenidas de:

- a) Pruebas metalúrgicas (realizadas en laboratorio) en los núcleos de perforación utilizados para el cálculo de las reservas:
- b) Antes del inicio de las operaciones.
- c) Cuando haya cambio en la unidad de masa geológica.
- d) Cuando se modifiquen procesos.
- e) Corrientes donde se generan los residuos durante la operación
- f) Directamente de los depósitos de residuos durante la operación

NOTA: El método empleado en el laboratorio deberá ser similar al proceso que se realizará durante la etapa de operación.

**D.2 Caracterización del residuo**

La caracterización de los residuos mineros tiene como objetivo obtener la información necesaria para seleccionar las actividades pertinentes para su manejo integral, con el propósito de realizar las acciones para evitar daños ambientales.

**D.3 Determinación de la peligrosidad**

Realizar un estudio integral para la caracterización de los residuos mineros (ver D.4); que además de pronosticar los posibles daños ambientales asociados a su peligrosidad potencial, permita la generación de información para seleccionar las actividades (reducción en la fuente, separación, valorización, tratamiento, almacenamiento temporal y disposición final) que se deben aplicar para el manejo integral del residuo.

**D.4 Estudio integral para la caracterización de los residuos mineros****D.4.1 Pruebas para la valoración y/o predicción de la capacidad de generación de drenaje.**

- a) pH y conductividad eléctrica para la valoración actual de la acidez y salinidad.
- b) Pruebas de lixiviación para determinar la concentración soluble actual de los elementos químicos de interés ambiental.
- c) Pruebas estática y dinámica para pronosticar la capacidad, y calidad, de la generación de drenaje (ácido, neutro o básico).
- d) Extracción secuencial para identificar las fases sólidas a las que estén asociados los elementos químicos de interés.

**D.4.2 Elementos químicos que se deben cuantificar**

Los elementos químicos que se deben cuantificar son: (I) elementos mayores. (II) elementos traza, que incluye los elementos químicos de interés ambiental para la zona de estudio, además de los listados en la Tabla 2 y los otros elementos químicos asociados al yacimiento del que provienen los residuos.

**D.4.3 Valoración del impacto al entorno abiótico**

Para la valoración del impacto al entorno abiótico se deberán determinar los valores de fondo, y/o línea base, locales de los compartimentos que se esperan puedan ser afectados como son: aire, aguas subterráneas y superficiales, sedimentos, polvos y suelos agrícolas, residenciales y comerciales.

Estos valores de fondo y/o línea base servirán como valores de referencia para evaluar el impacto asociado a la posible dispersión debido al manejo inadecuado de los residuos, que son objeto de esta norma.

#### **D.4.4 Pronóstico de afectaciones al entorno**

**D.4.4.1** El pronóstico de afectación al medio abiótico, se realizará a través de la modelación del posible impacto debido a la dispersión hídrica y eólica de los residuos regulados.

**D.4.4.2** Con la aplicación de los modelos de dispersión hídrica y/o eólica, el promovente deberá pronosticar la concentración total de los elementos químicos regulados, en los diferentes compartimentos del medio abiótico.

**D.4.4.3** En función de los resultados obtenidos el promovente podrá concluir que:

- a) Si la concentración total y geodisponible pronosticada NO supera los valores de fondo y/o línea base locales, de todos los parámetros evaluados, en cada uno de los compartimentos del medio abiótico, de la zona de estudio; entonces se concluye que los residuos evaluados NO representan un problema ambiental.
- b) Si la concentración total y geodisponible pronosticada SÍ supera los valores de fondo locales de al menos uno de los parámetros evaluados, en cada uno de los compartimentos del medio abiótico, de la zona de estudio; entonces se concluye que los residuos evaluados SÍ representan un problema ambiental, que se debe evitar.
- c) En ambos casos, el promovente deberá indicar las medidas que aplicarán para evitar que los contaminantes asociados a los residuos, sujetos al Plan de Manejo, se dispersen al entorno.

#### **D.4.5 Monitoreo**

**D.4.5.1** El monitoreo de los diferentes compartimentos del medio abiótico se deberá realizar al menos dos veces al año, la primera en épocas, de lluvia y la segunda en estiaje.

**D.4.5.2** Si los resultados del monitoreo indican afectación del medio abiótico al comparar las concentraciones totales y en las fracciones lábiles disponibles, de los contaminantes, con los valores de fondo y/o línea base, entonces el promovente deberá:

- a) Aplicar medidas para evitar la dispersión de los contaminantes asociados a los residuos que son objeto del plan de manejo
- b) Remediar el medio afectado o evaluar el riesgo potencial ambiental y establecer las medidas que permitan recuperar las funciones de los compartimentos afectados o establecer medidas para reducir el riesgo para el medio abiótico y la biota.

#### **D.4.6 Caracterización de los residuos para seleccionar las actividades pertinentes para su manejo integral.**

El propósito es generar la información necesaria para seleccionar las acciones que se deben aplicar para el manejo integral del residuo estudiado (Reducción en la fuente, Separación, Valorización, Tratamiento, Almacenamiento temporal y Disposición final) con el fin de proponer las alternativas para evitar los posibles daños ambientales asociados a la peligrosidad potencial de los residuos.

**D.4.6.1** Caracterización física: Se determinarán los parámetros físicos que influyen sobre la posible dispersión de los residuos en el entorno y la estabilidad estructural.

**D.4.6.2** Caracterización mineralógica: Se determinarán, por medio de las técnicas adecuadas a su presentación, los minerales primarios, secundarios y las sales eflorescentes.

**D.4.6.3** Caracterización química: Se determinará la concentración total de elementos mayores y elementos traza, que incluya metales, metaloides y aquellos de naturaleza tóxica asociados al yacimiento del que provienen los residuos.

---