



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Análisis Metalúrgicos Ecoprocesos

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Elija un elemento.
2021
27/06/2025



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina
**Encargada del Despacho de la Secretaría
General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
**Encargado de Despacho de Secretario
General de Planeación**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	5
IDENTIFICACIÓN	6
<i>Carga Horaria de la asignatura</i>	<i>6</i>
<i>Consignación del Documento</i>	<i>6</i>
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	7
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	9
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	<i>9</i>
<i>Reglamento de uniforme.....</i>	<i>10</i>
<i>Uso adecuado del equipo y materiales.....</i>	<i>10</i>
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos.....</i>	<i>10</i>
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	<i>10</i>
<i>En caso de lesiones por golpe o caída.....</i>	<i>10</i>
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA..	16
PRÁCTICAS.....	3
FUENTES DE INFORMACIÓN	7
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	8
ANEXOS	3
FUENTES DE INFORMACIÓN	8
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	9
FUENTES DE INFORMACIÓN	13
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	14
FUENTES DE INFORMACIÓN	18
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	19
FUENTES DE INFORMACIÓN	22

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	23
FUENTES DE INFORMACIÓN	27
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	28
FUENTES DE INFORMACIÓN	31
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	32
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA..	33
PRÁCTICAS.....	34
FUENTES DE INFORMACIÓN	37
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	38
FUENTES DE INFORMACIÓN	41
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	42
FUENTES DE INFORMACIÓN	45
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	46
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA..	47
PRÁCTICAS.....	48
FUENTES DE INFORMACIÓN	51
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	52

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se definen manuales de práctica de laboratorio como elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

Señalar en este apartado brevemente los siguientes elementos según corresponda:

- Propósito del manual
- Justificación de su uso en el programa académico
- Competencias por desarrollar
 - **Competencias blandas:** Habilidades transversales que se refuerzan en las prácticas, como la comunicación, el trabajo en equipo, el uso de tecnologías, etc.
 - **Competencias disciplinares:** Conocimientos específicos del área del laboratorio, incluyendo fundamentos teóricos y habilidades técnicas.
 - **Competencias profesionales:** Aplicación de los conocimientos adquiridos en escenarios reales o simulados, en concordancia con el perfil de egreso del programa.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Laboratorio de Análisis Metalúrgicos	
Clave	072CP021	Créditos	6
Asignaturas Antecedentes	052CP034, 072CP039	Plan de Estudios	2021

Área de Competencia	Competencia del curso
Analizar los procesos de exploración, explotación y beneficio de los minerales, para contribuir a la toma de decisiones ética y responsable y a la resolución estratégica de las problemáticas de la industria minera conforme a la normatividad vigente y a los contextos económicos, ambientales y sociales.	Estimar los valores de minerales a partir del uso de técnicas de análisis e interpretación de resultados para facilitar la toma de decisiones de las operaciones metalúrgicas en el procesamiento de minerales en las plantas de beneficio.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
1	4	0	0	75

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Hermosillo
Fecha de elaboración	27/06/2025
Responsables del diseño	Ricardo Recio Sánchez, Yezica Jazmín Solis Hernández, Paula Cristina Santos Munguía
Validación	
Recepción	Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

Señalar la relación de cada práctica con las competencias del perfil de egreso

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
Preparación de fundente	Desarrolla la capacidad de seleccionar y preparar reactivos adecuados para procesos metalúrgicos y geoquímicos, aplicando principios químicos y normativas técnicas, con responsabilidad en el manejo de materiales peligrosos.
Preparación de la muestra para el ensaye a fuego	Fortalece la habilidad para preparar muestras representativas bajo criterios de precisión y confiabilidad, fundamentales para el análisis químico de minerales, garantizando la validez de los resultados obtenidos.
Fusión	Aplica conocimientos termodinámicos y químicos para llevar a cabo procesos de fusión en el laboratorio, permitiendo la separación de metales preciosos, y desarrollando el pensamiento crítico y analítico ante fenómenos fisicoquímicos.
Copelación	Desarrolla destrezas para ejecutar procesos de separación de metales nobles con precisión y ética profesional, integrando el control de calidad y el uso correcto de materiales refractarios.
Partición y pesado	Refuerza la capacidad para manipular sustancias químicas y equipos de precisión (balanzas analíticas), asegurando exactitud en la determinación cuantitativa de elementos metálicos, con responsabilidad y atención al detalle.
Apartado	Aplicar el proceso de apartado mediante la disolución selectiva de plata con ácido nítrico, con la finalidad de obtener y pesar oro puro, bajo condiciones seguras y controladas de laboratorio, en el contexto del análisis gravimétrico de metales preciosos, desarrollando precisión, orden y responsabilidad.
Cálculos	Promueve la capacidad para realizar cálculos químicos aplicados a resultados experimentales, incluyendo determinaciones gravimétricas y volumétricas, fortaleciendo competencias matemáticas y de razonamiento lógico.
Digestión de minerales	Desarrolla competencias en la disolución de matrices minerales utilizando técnicas adecuadas (ácido-clorhídrica, nítrica, agua regia, etc.), fundamentales para la preparación de

	muestras para análisis instrumental.
Determinación de elementos minerales	Aplica técnicas instrumentales como absorción atómica o espectroscopía, favoreciendo la interpretación de resultados químicos en muestras geológicas, reforzando la capacidad de análisis y toma de decisiones.
Determinación de compuestos en solución	Fortalece las habilidades para realizar análisis químicos de soluciones (ej. colorimetría, volumetría, potenciometría), esenciales para caracterizar aguas, lixiviados o soluciones industriales.
Preparación de estándares de calibración	Desarrolla la precisión y el rigor necesarios para la elaboración de patrones de referencia, fundamentales en análisis cuantitativo, fomentando la trazabilidad y confiabilidad en los procesos analíticos.

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general del laboratorio

1. La entrada al laboratorio debe ser ordenada, conservándose este orden durante el desarrollo de la práctica.
2. El tiempo de tolerancia para llegar y entrar al laboratorio será fijado por el maestro o el encargado del laboratorio.
3. Se prohíbe comer, beber y fumar dentro del laboratorio.
4. Toda persona que trabaje en el laboratorio deberá traer puesta su bata de manga larga, zapato cerrado, así como lentes de seguridad y demás equipo de protección personal que se requiera de acuerdo con las prácticas a realizar.
5. No se recomienda llevar el cabello largo y suelto, usar lentes de contacto, anillos, pulseras, dijes, aretes largos, etc.
6. Los útiles y pertenencias que no cumplan un contenido en la práctica deberán ser colocados en el lugar indicado por el maestro (a) o encargado de laboratorio.
7. Es responsabilidad y obligación del alumno revisar su material al iniciar la práctica, así como su limpieza y buen cuidado, además de la preservación de la mesa y equipo instrumental.
8. Se sancionará a las (s) persona (s) que, por sus actitudes perniciosas, pongan en riesgo o dañen la integridad física y moral de sus compañeros, o dañen instalaciones o equipos, basado en los reglamentos correspondientes internos de esta universidad y el presente reglamento.
9. Cada grupo deberá trabajar en el horario designado.
10. Ubicar donde se encuentran exactamente las instalaciones de seguridad del laboratorio: extinguidores, botiquín, etc.
11. Antes de usar un reactivo químico o una solución, lea primeramente la etiqueta para identificar el contenido; tome exactamente la cantidad necesaria y tape el frasco; no regrese jamás el exceso al frasco original.
12. No se deben oler sustancias directamente, ya que la mayoría son tóxicas, con la ayuda de la mano, abanique, para aproximar las gases o vapores al olfato.
13. Se debe etiquetar todos los frascos que contengan reactivos y sustancias, con el fin de evitar confusiones.
14. Cuando se trabaje con material inflamable: queda estrictamente prohibido el uso de mecheros o cualquier otro tipo de fuente de flama.
15. Jamás se verterá agua sobre ácido, lo correcto es verter el ácido sobre el agua.
16. No se debe prestar ningún material y/o equipo que pertenezca al laboratorio sin previa autorización del jefe de carrera.
17. Cuando algún equipo no funcione o presente alguna anomalía se deberá reportarlo inmediatamente al maestro (a) o encargado del laboratorio.
18. No prender radios, ni usar audífonos, ni celular.
19. Si el maestro no está presente no se puede realizar la práctica a menos que exista una autorización.
20. Cualquier accidente, por irresponsabilidad, en que resulten dañados material o equipo, estos deberán ser recuperados al laboratorio por los integrantes del equipo o por la persona responsable, en un plazo no mayor de 15 días. De no hacerlo, se le suspenderá el acceso al laboratorio en las prácticas posteriores.
21. A los alumnos (as) que se les sorprenda rayando las mesas o bancos, además de limpiarlas serán suspendidos de la práctica o prácticas a criterio del maestro (a) o encargado del laboratorio.
22. Al término de la práctica, cerciorarse que las llaves de gas y agua queden cerradas.
23. Los reactivos químicos y materiales se deberán dejar en el lugar correspondiente al término de

la práctica.

24. Al finalizar la práctica, el material, equipo y la mesa de trabajo serán entregados perfectamente limpios.
25. Solo las personas autorizadas podrán estar y hacer uso del laboratorio.
26. Personas ajenas al programa educativo de Ingeniero de Geociencias podrán hacer uso de las instalaciones, solo con la autorización del jefe de carrera.

Reglamento de uniforme

1. Toda persona que trabaje en el laboratorio deberá traer puesta su bata de manga larga, zapato cerrado, así como lentes de seguridad y demás equipo de protección personal que se requiera de acuerdo con las prácticas a realizar.
2. No se recomienda traer el cabello largo y suelto, usar lentes de contacto, anillos, pulseras, dijes, aretes largos, etc.

Uso adecuado del equipo y materiales

1. Es responsabilidad y obligación del alumno revisar su material al iniciar la práctica, así como su limpieza y buen cuidado, además de la preservación de la mesa y equipo instrumental.
2. No se debe prestar ningún material y/o equipo que pertenezca al laboratorio sin previa autorización del jefe de carrera.
3. Cuando algún equipo no funcione o presente alguna anomalía se deberá reportarlo inmediatamente al maestro (a) o encargado del laboratorio.

Manejo y disposición de residuos peligrosos

1. Antes de usar un reactivo químico o una solución, lea primeramente la etiqueta para identificar el contenido; tome exactamente la cantidad necesaria y tape el frasco; no regrese jamás el exceso al frasco original.
2. No se deben oler sustancias directamente, ya que la mayoría son tóxicas, con la ayuda de la mano, abanique, para aproximar las gases o vapores al olfato.
3. Se debe etiquetar todos los frascos que contengan reactivos y sustancias, con el fin de evitar confusiones.
4. Cuando se trabaje con material inflamable: queda estrictamente prohibido el uso de mecheros o cualquier otro tipo de fuente de flama.
5. Jamás se verterá agua sobre ácido, lo correcto es verter el ácido sobre el agua.
6. Los reactivos químicos y materiales se deberán dejar en el lugar correspondiente al término de la práctica.
7. Al término de la práctica, cerciorarse que las llaves de gas y agua queden cerradas.

Procedimientos en caso de emergencia

En caso de lesiones por golpe o caída

- No muevas a la persona lesionada y sugiérole que no se mueva. Avisa al personal de la

enfermería o al personal de seguridad. En la medida de lo posible, no dejes solo(a) al(a) lesionado(a).

En caso de cortadura

Antes de...

- Asegúrate de utilizar el equipo de seguridad adecuado y cumple las reglas generales de seguridad.
- Revisa el material de cristalería o equipo a utilizar, evitando usar todo aquel que presente fracturas, esté despostillado, roto o tenga áreas dañadas que provoquen cortes en la piel.

Durante...

- Mantén la calma.
- Lava con agua el área afectada.
- Cubre la herida con gasa y, si es posible, haz compresión directa o indirecta y/o eleva la extremidad afectada para detener el sangrado.
- Si la herida (cortadura) es pequeña y se ha detenido el sangrado, lava el área afectada con agua y jabón antibacterial. Una vez detenido el sangrado, cúbrelo con gasa y cinta Micropore® o un vendaje.
- NO apliques torniquetes, ni trates de sacar trozos de vidrio u otro material involucrado.
- Avisa al personal de la enfermería o al personal de seguridad.

En caso de quemaduras por productos químicos (aun en casos en que el producto reaccione con agua)

Antes de...

- Asegúrate de tener a la mano la información necesaria sobre los productos que se manejan en el laboratorio, es decir, las HOJAS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, las cuales deben contener, al menos, la siguiente información: propiedades físicas y químicas, toxicidad, acciones de primeros auxilios, acciones a realizar en caso de fuga y derrame, equipo de protección personal necesario durante su uso y la atención de emergencias. Si en ellas se indica el uso de algún antídoto o agente neutralizante para los reactivos que van a utilizarse, es necesario tenerlo preparado previamente a su uso y en un lugar de fácil acceso.
- Revisa que el equipo de atención de emergencias se encuentre funcionando correctamente (lavajos, regadera de emergencia, polvo para control de derrame, almohadillas absorbentes, entre otros).
- Desde tu entrada al laboratorio usa tu equipo de seguridad personal completo (lentes de seguridad, bata, guantes). Sustituye cualquiera de éstos que esté dañado.

Durante...

- Tu seguridad es lo más importante, NO INTENTES ACTOS HEROICOS.
- Si el reactivo cayó en la cara, retira los lentes de seguridad y lava inmediatamente en el lavajos o al chorro del agua por lo menos durante 20 minutos, verificando que se tengan los párpados abiertos.
- Si el producto cayó en la piel, retira el exceso de producto con un trozo de papel o tela absorbente e inmediatamente lava el área afectada al chorro del agua, por lo menos durante 20 minutos. Recuerda que se debe considerar al papel y tela contaminada como residuo peligroso y no arrojarlos a la basura municipal.
- Si el producto cayó en buena parte del cuerpo y no puedes lavar la zona afectada en la

tarja, retira la ropa contaminada y utiliza la regadera de emergencia para eliminar la mayor cantidad de producto posible, al menos durante 20 minutos.

- Si es inhalado, transporta a la víctima a un lugar bien ventilado y solicita inmediatamente atención médica especializada.
- Si es ingerido, solicita inmediatamente atención médica especializada.
- Si existe un antídoto, como se mencionó arriba, debe tenerse preparado antes de utilizar el reactivo y usarlo como se menciona en la HOJA DE SEGURIDAD de la sustancia química.
- En todos los casos, da aviso inmediato al profesor responsable del laboratorio o área de trabajo, a la Coordinación de Protección Civil y al personal de seguridad. NOTA: es importante que en todos los casos se identifique el producto que provocó el incidente. Si es desconocido, asume un riesgo extremo.

Después de...

- Hacer revisar a la o las personas lesionadas por un médico especialista según el área afectada (dermatólogo, oftalmólogo, otorrinolaringólogo, gastroenterólogo).
- Reportar por escrito, dentro de un período máximo de 48 horas, el accidente a la Coordinación de Protección Civil.

En caso de quemaduras por temperaturas extremas

Se refieren a aquellas quemaduras generadas por fuego y materiales calientes o muy fríos.

Antes de...

- Contar en el laboratorio con el equipo de seguridad necesario, de acuerdo con la actividad que se realice. Revisar su funcionamiento antes de su uso y tomar capacitación específica sobre su correcto manejo.

Durante...

- Mantén la calma.
- Lava con agua a temperatura ambiente el área afectada por lo menos durante 15 minutos.
- Cubre el área con una gasa.
- Avisa al personal de la enfermería, a la Coordinación de Protección Civil de la Facultad y/o al personal de seguridad.
- En caso de que esté involucrada una flama y se prenda la ropa de alguna persona, evita que corra, cúbreala con una manta contra incendios o alguna bata.
- En todos los casos, da aviso al profesor responsable del laboratorio o área de trabajo y a la Coordinación de Protección Civil.

Después de...

- Solicita la revisión de la o las personas lesionadas por un médico especialista, por ejemplo, un dermatólogo.
- Solicita la colaboración de expertos externos para realizar un análisis del accidente para eliminar las posibles causas y evitar que vuelva a ocurrir.

En caso de FUGAS

Por FUGA se entiende cualquier emisión no controlada de gas proveniente de recipientes inadecuados, dañados o de cilindros a presión.

Antes de...

- Revisa que exista en el laboratorio el equipo de seguridad necesario, de acuerdo con la actividad que realizarás.

- Antes de iniciar tu trabajo, revisa el correcto funcionamiento del equipo de seguridad y toma capacitación específica sobre su correcto manejo. En caso necesario, solicita su reparación o mantenimiento.
- Asegúrate de tener a la mano la información necesaria sobre los productos que se manejan en el laboratorio, es decir, las HOJAS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, las cuales deben contener, al menos, la siguiente información: propiedades físicas y químicas, toxicidad, primeros auxilios, acciones en caso de fugas y derrames, y equipo de protección personal necesario durante su uso y la atención de emergencias.
- En su caso, solicita el mantenimiento preventivo o correctivo a los contenedores de sustancias.
- Ejecuta y participa en simulacros de evacuación y de atención de emergencias de manera frecuente.

Durante...

- Mantén la calma.
- Tu seguridad es lo más importante, NO INTENTES ACTOS HEROICOS.
- Si la fuga proviene de un contenedor pequeño (frasco), transpórtalo utilizando el equipo de seguridad adecuado, a una campana extractora de gases o a un lugar seguro y solicita de inmediato ayuda al profesor responsable del laboratorio o a la Coordinación de Protección Civil.
- Si la fuga proviene de un contenedor grande o de un cilindro a presión, apaga mecheros y aparatos eléctricos que estén operando, evacúa el área y da aviso al profesor responsable del laboratorio o área de trabajo, al personal de seguridad y a la Coordinación de Protección Civil.

Después de...

- Sigue las instrucciones del personal de seguridad y/o brigadistas para regresar al laboratorio o área de trabajo cuando el jefe del edificio o la persona a cargo de la atención de la emergencia dé la autorización para ello.

En caso de DERRAME

Por DERRAME se entiende una emisión no controlada de líquidos o sólidos por estar en recipientes inadecuados, mal almacenados, dañados o por rompimiento accidental de ellos.

Antes de...

- Asegúrate de tener a la mano la información necesaria sobre los productos que se manejan en el laboratorio, es decir, las HOJAS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, las cuales deben contener, al menos, la siguiente información: propiedades físicas y químicas, toxicidad, primeros auxilios, acciones en caso de fugas y derrames, y equipo de protección personal necesario durante su uso y la atención de emergencias. Si en ellas se indica el uso de algún material de contención especial o un agente neutralizante para los reactivos que van a utilizarse, es necesario tenerlo preparado previamente a su uso y en un lugar de fácil acceso.
- Asegúrate de tener en un lugar de acceso inmediato recipientes con polvo químico para contención de derrames, así como un bote plástico de boca ancha con tapa para contener el material contaminado (arena para derrame, almohadillas de absorción u otro material usado para contener el derrame).

Durante...

- Mantén la calma.
- Tu seguridad es lo más importante, NO INTENTES ACTOS HEROICOS.

- Si el material es fácilmente volátil, se observan vapores o se perciben olores, apaga el mechero, equipo eléctrico o cualquier fuente de ignición que se esté usando, evacua el área y da aviso al personal de seguridad y a la Coordinación de Protección Civil.
- Si no observas vapores y/o no se perciben olores, delimita (rodea) el área y cubre el material derramado con polvo químico para derrames.
- Avisa de manera inmediata al profesor responsable del laboratorio o área de trabajo, personal de seguridad y a la Coordinación de Protección Civil, indicando el tipo de material derramado y si requieres apoyo para la contención.

Después de...

- Sigue las instrucciones de la Coordinación de Protección Civil para limpiar y descontaminar el lugar

En caso de INCENDIO (FUEGO)

- **FUEGO INCIPIENTE:** es el fuego en su etapa inicial que puede ser controlado o extinguido, mediante extintores portátiles, sistemas fijos contra incendio u otros medios de supresión convencionales, sin la necesidad de utilizar ropa y equipo de protección básica de Bombero.
- **INCENDIO:** es el fuego que se desarrolla sin control en tiempo y espacio. (Referencia: NOM-002-STPS-2010).

Antes de...

- Conoce la localización de los extintores, rutas de evacuación y salidas de emergencia.
- Participa en los cursos de capacitación sobre manejo y uso de extintores ofrecidos por la Facultad.

Durante...

- Mantén la calma y avisa al responsable del laboratorio, al personal de vigilancia o a la Coordinación de Protección Civil.
- En el caso de fuego incipiente, utiliza los extintores SÓLO si conoces su funcionamiento.
- Si el fuego no se controla o es un incendio, evacua el área y avisa a la Central de Atención de Emergencias o a los Bomberos.

Después de...

- Espera las instrucciones del personal de seguridad y/o brigadas

En caso de SISMO

Antes de...

- **Identifica y localiza:**
 - Lugares más seguros del sitio donde te encuentras (zonas de menor riesgo).
 - Rutas de evacuación principales y alternas, salidas de emergencia y puntos de reunión.
 - Extintores, botiquines, interruptores de corriente eléctrica y las llaves de agua y gas.
 - Asegura todos los objetos que puedan caerse o desplazarse (estantes, equipos, cilindros de gas, muebles, cajas, recipientes).

Durante...

- Mantén la calma.
- Retírate de las ventanas, lámparas, anaqueles, fuentes de calor, equipo o maquinaria que no esté debidamente anclado y que pueda caer.

- Las personas ubicadas en planta baja, primer piso, sótano y cerca de las salidas deben dirigirse hacia el punto de reunión más cercano.
- Las personas ubicadas en el segundo piso o superiores o en lugares de difícil acceso deben replegarse en zonas de menor riesgo (debidamente señalizadas), hasta que el sismo termine. (Un lugar de difícil acceso es aquel en donde tardas más de un minuto y medio en desplazarte hacia el punto de reunión más cercano).
- Sigue las instrucciones del personal de seguridad y/o brigadistas durante el sismo.
- Si te encuentras en el exterior, aléjate de ventanas, cables de luz y de alta tensión, y dirígete al punto de reunión preestablecido más cercano.

QUÉ HACER EN: SISMOS



- Las personas replegadas en las zonas de menor riesgo, una vez que ha transcurrido el sismo, deben evacuar el área y desplazarse hacia el punto de reunión más cercano, siguiendo las instrucciones del personal de seguridad y/o brigadistas. Recuerda no correr, no gritar y no empujar.
- Usa las escaleras para salir del sitio donde te encuentras al punto de reunión. NO utilices elevadores.
- Dirígete a las zonas de seguridad y espera a que el personal de seguridad y/o brigadistas dé indicaciones.
- Si en el momento del sismo o durante el desalojo del edificio observas que se produjeron derrames, fugas, fuegos incipientes, incendios o hay personas lesionadas, comunícalo de inmediato al personal de seguridad, brigadistas o a la Coordinación de Protección Civil. Tu seguridad es lo más importante, **NO INTENTES ACTOS HEROICOS**.
- Una vez que ha pasado el sismo, la persona responsable del inmueble deberá efectuar la revisión correspondiente al mismo y descartar daños o problemas visibles que impliquen algún riesgo para la comunidad. En caso necesario, se debe solicitar apoyo de personal especialista en el control de daños.
- La persona responsable del inmueble (jefe de edificio) determinará, una vez que concluya el recorrido, si el inmueble está en condiciones para que la comunidad se reintegre a sus actividades o si éstas son suspendidas hasta nuevo aviso.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC1
	Obtener los valores de interés de minerales metálicos en forma cuantitativa a partir de la metodología de preparación de fundentes, fusión y copelación en hornos de alta temperatura y partición a través de ataque ácido para obtener los contenidos de una muestra mineral previamente preparada y facilitar la toma de decisiones durante las operaciones metalúrgicas mediante el análisis de problemas.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Preparación de fundente	Elaborar la mezcla de fundentes adecuados para facilitar la fusión de minerales, siguiendo protocolos establecidos, en el laboratorio de ensaye a fuego, con responsabilidad y atención al detalle.
Práctica No. 2	Preparación de la muestra para ensaye a fuego	Preparar la muestra de mineral mediante secado, trituración y cuarteo para obtener una porción representativa, bajo condiciones controladas, en el contexto de un análisis químico, con rigurosidad técnica y orden.
Práctica No. 3	Fusión	Ejecutar el proceso de fusión de la muestra con fundente para separar los metales nobles de la ganga, aplicando normas de seguridad, en el laboratorio de ensaye, con pensamiento crítico y responsabilidad profesional.
Práctica No. 4	Copelación	Realizar el proceso de copelación para aislar el botón de metal precioso, bajo condiciones térmicas precisas, en la etapa final del ensaye a fuego, con enfoque en la calidad y disciplina técnica.
Práctica No. 5	Partición y pesado	Determinar la masa de metales preciosos mediante técnicas de partición y pesado, utilizando balanza analítica en condiciones controladas, en el laboratorio químico, con precisión y ética profesional.
Práctica No. 6	Apartado	Aplicar el proceso de apartado mediante la disolución selectiva de plata con ácido nítrico, con la finalidad de obtener y pesar oro puro, bajo condiciones seguras y controladas de laboratorio, en el contexto

		del análisis gravimétrico de metales preciosos, desarrollando precisión, orden y responsabilidad.
Práctica No. 7	Cálculos	Aplicar cálculos estequiométricos y gravimétricos para obtener la concentración de metales, a partir de los datos experimentales obtenidos, en el contexto de ensayos químicos, con pensamiento lógico y autonomía.



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Preparación de fundente
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Elaborar la mezcla de fundentes adecuados para facilitar la fusión de minerales, siguiendo protocolos establecidos, en el laboratorio de ensaye a fuego, con responsabilidad y atención al detalle.

FUNDAMENTO TEÓRICO
<p>El fundente es una mezcla de sustancias químicas utilizada para facilitar la fusión de una muestra mineral. Su función es ayudar a separar los metales valiosos de la ganga mediante la formación de una escoria fusible. Las preparaciones comunes incluyen bórax, carbonato de sodio, óxidos metálicos y agentes reductores. La selección del tipo de fundente depende de la composición de la muestra y del tipo de análisis a realizar. Esta preparación asegura una fusión completa y una separación efectiva en el ensaye a fuego.</p>

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
<p>Equipo de protección personal EPP. <i>Uso obligatorio para todos los integrantes dentro del laboratorio.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bata de laboratorio. • Guantes. • Gafas de seguridad. • Cubrebocas. • Botas con casquillo. <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espátulas de acero inoxidable o plástico. • Charolas metálicas o plásticas. • Bolsas o frascos plásticos. <p>Reactivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Litargirio. • Bórax. • Carbonato de sodio. • Sílice. • Harina de trigo. • Nitrato de potasio. <p><i>*Las cantidades que el asesor de práctica indique.</i></p> <p>Equipamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mortero (de ser necesario) • Balanza analítica.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
<p>1. Identificación de la muestra.</p> <p>1.1 Determinar el si la muestra es silíceo, calcáreo, sulfuroso, etc. Para identificar el tipo de</p>

fundente a utilizar (ácido, básico, reductores u oxidantes) y ajustar la proporción. Para facilitar la elección de los fundentes adecuados, los minerales se clasifican en tres géneros fundamentales. *Tabla 1. Clasificación de fundentes.*

Para una gran mayoría de minerales, preferentemente del tipo de matriz silicosa y carbonatos, es muy común la siguiente receta: *Tabla 2. Porcentajes en base a tipos de fundentes.*

2. Pesado de reactivos.

2.1 Cada reactivo debe ser pesado individualmente usando una balanza analítica; siguiendo la receta estándar del tipo de fundente seleccionado según el mineral con el que se cuente.

2.2 Usar recipientes limpios para evitar contaminación cruzada.

3. Mezclado.

3.1 Homogeneizar los reactivos por manto.

4. Verificación visual.

4.1 Verificar que la mezcla tenga una apariencia uniforme, sin grumos ni aglomerados.

5. Almacenamiento.

5.1 Colocar el fundente en un recipiente seco y etiquetado con fecha, tipo de fundente y preparador.

5.2 Almacenar en un lugar seco y lejos de la humedad o fuentes de calor.

La función del litargirio en esta mezcla es la de proporcionar el plomo metálico que capturará los valores de oro y plata. El carbonato de sodio bajará el punto de fusión de estos metales y el bórax proporcionará el medio fluido que permitirá el vaciado de los crisoles en la payonera. La reducción del PbO a Pb^0 la hace la harina.

En el caso de que el mineral contenga sulfuros, en lugar de harina se utiliza la misma proporción de nitrato de potasio que funcionará como agente oxidante de los sulfuros.

Normas de seguridad recomendadas al momento de realizar la práctica.

- Utilizar el EPP completo en todo momento.
- Evitar el contacto directo con reactivos, especialmente el litargirio y nitrato.
- No mezclar fundentes para diferentes tipos de muestra sin cambiar y limpiar el equipo.
- No regresar los reactivos a sus frascos de origen.
- Almacenar los reactivos por separado y etiquetados correctamente.

RESULTADOS ESPERADOS

Preparar un fundente bien mezclado, sin grumos visibles, con textura y color uniforme.

La mezcla es estable y lista para ser utilizada en la etapa de fusión del ensayo a fuego.

Se aplicaron correctamente los protocolos de seguridad e higiene, especialmente al manipular compuestos tóxicos como el litargirio (PbO) y los nitratos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Qué función cumple cada uno de los reactivos que integran el fundente?
- ¿Por qué es importante que la mezcla de fundente sea homogénea?
- ¿Qué criterios se usaron para seleccionar la fórmula del fundente?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La preparación adecuada del fundente es fundamental para el éxito del ensayo a fuego, ya que garantiza una fusión eficiente y una separación clara del botón metálico que contiene los metales preciosos. La correcta selección y dosificación de los reactivos que componen el fundente depende del tipo de muestra (ácida, básica o sulfurosa), y cualquier desviación puede afectar negativamente los resultados analíticos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Elaborar una tabla comparativa de diferentes fórmulas de fundente para distintos tipos de muestras. Analizar un caso en el que una mala preparación del fundente llevó a una pérdida del botón metálico.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

Habashi, F. (1995). *Principles of extractive metallurgy* (Vol. 2). Routledge.

López Ramírez, M. G. (2019). *Metalurgia de los metales preciosos*. UNAM.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

ASTM International. (2014). *ASTM E1335-08(2014): Standard Test Methods for Determination of Gold in Cyanide Solutions.*

ISO. (2021). *ISO 11426:2021 – Jewellery — Determination of gold in gold jewellery alloys — Cupellation method (fire assay).*

Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2014). *NOM-010-STPS-2014.*



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

ANEXOS

TIPO I	TIPO II	TIPO III
<p>Minerales que contengan óxidos y/o carbonatos y una ganga silicia.</p> <p>Para la escorificación del cuarzo es necesario utilizar un fundente básico, se emplea principalmente Na_2CO_3; se debe tener en cuenta que los óxidos metálicos presentes combinados con el sílice y los silicatos se funden por el bórax.</p>	<p>Minerales que contengan constituyentes básicos como arcillas, calizas, magnesitas y óxidos metálicos para los minerales de ganga básica se requieren fundentes ácidos como el bórax y sílice. Esto con la finalidad de mejorar la calidad del fundido, así mismo, se debe adicionar CO_3 y un ligero exceso de litargirio.</p>	<p>Son minerales compuestos principalmente por sulfuros metálicos como arsénicos, pirita, telurios; estos actúan como reductores del litargirio.</p> <p>Para evitar que el azufre ocasione daños en la reacción se deben tener precauciones básicas como la tostación previa a la fundición y/o la adición de KNO_3 a la carga o de hierro metálico.</p>

Tabla 1. Clasificación de fundentes.

Fundente Reactivos	TIPO I (%)	TIPO II (%)	TIPO III (%)
Litargirio	68	60	57
Carbonato de Sodio	20	24	28.73
Bórax	9	12.5	10.26
Silica	1.5	-----	2.96
Harina	1.5	3.5	1.05

Tabla 2. Porcentajes en base a tipos de fundentes.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Preparación de la muestra para el ensaye a fuego
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Preparar la muestra de mineral mediante secado, trituración y cuarteo para obtener una porción representativa, bajo condiciones controladas, en el contexto de un análisis químico, con rigurosidad técnica y orden.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El fundamento radica en la teoría del muestreo, donde se busca minimizar el sesgo y garantizar que la porción analizada refleje fielmente la composición del lote original. Un muestreo adecuado es crucial para obtener resultados analíticos confiables y reproducibles. Este paso incluye el secado, trituración, homogeneización y cuarteo de la muestra con el fin de obtener una porción representativa.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
<p>Equipo de protección personal EPP. <i>Obligatorio para garantizar la seguridad de cada integrante dentro del laboratorio.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gafas de seguridad. • Guantes resistentes (de carnaza, látex o nitrilo según el tipo de muestra). • Mascarilla antipolvo (so hay partículas finas). • Bata de laboratorio o ropa de trabajo. • Calzado cerrado o de seguridad con punta reforzada. <p>Materiales y equipamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tamiz de malla 200. • Espátula. • Bandejas metálicas. • Balanza analítica. • Mortero o trituradora. • Horno o estufa de secado. • Cepillos o brochas para limpieza.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reparación de la muestra. <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Se verifica que la muestra este etiquetada correctamente y corresponde al lote a analizar. 1.2 Pesar la muestra total y registra el peso inicial. 2. Secado de la muestra. <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Se coloca la muestra en bandejas metálicas y se lleva al horno o estufa de secado. 2.2 Se seca a 105°C durante 12 o 24 horas para eliminar la humedad. 2.3 Dejar enfriar y registrar el peso seco. 3. Trituración y molienda (de ser necesario). <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Triturar la muestra si contiene fragmentos gruesos, usando molino de anillos o mortero. 3.2 Moler hasta obtener un tamaño menor a 75 μm (pasando la malla 200), asegurando la liberación del metal valioso.

3.3 Evitar contaminación cruzada limpiando el equipo entre muestras.

4. Homogeneización.

4.1 Mezcla la muestra finalmente molida utilizando la técnica del cono y cuarteo.

4.2 Repite la mezcla al menos tres veces para asegurar uniformidad.

5. Cuarteo.

5.1 Divide la muestra homogénea en fracciones iguales mediante cuarteo (método del riffle divisor o cuarteador Jones).

5.2 Seleccionar una alícuota representativa (generalmente entre 25 y 30 gr) para el ensaye a fuego.

6. Tamizado (verificación de finura).

6.1 Realizar un tamizado puntual para confirmar que al menos el 90% del material pasa la malla 200.

6.2 De no ser así, repetir la molienda.

7. Almacenamiento.

7.1 Colocar la alícuota en un sobre de papel, bolsa de plástico o frasco bien etiquetado.

7.2 Guardar el resto de la muestra (reserva) para análisis posteriores de ser necesario.

Normas de seguridad recomendadas al realizar la práctica:

- Usar el equipo de protección personal en todo momento.
- Evitar pérdidas de muestra durante el traspaso y molienda.
- No tocar directamente la muestra con las manos para prevenir contaminación.
- Limpiar el equipo antes y después de procesar cada muestra.
- Etiquetar correctamente todas las fracciones y submuestras.

RESULTADOS ESPERADOS

Obtención de una muestra representativa y homogénea.

Preparación precisa de la alícuota de trabajo.

Aplicación correcta de las técnicas de preparación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Cuál fue el propósito de cada etapa de preparación (secado, molienda, tamizado, cuarteo)?

¿Cómo se garantiza que la muestra seleccionada es representativa del total?

¿Se logro que al menos el 90% de la muestra pasara la malla 200?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La calidad del resultado del ensaye a fuego depende en gran medida de una preparación adecuada de la muestra, ya que esta etapa garantiza que la fracción analizada sea verdaderamente representativa del total.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Análisis comparativo entre técnicas de homogeneización.
Simulación de errores comunes de preparación.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Criterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

Habashi, F. (1995). *Principles of extractive metallurgy* (Vol. 2: Pyrometallurgy). Gordon and Breach Science Publishers.

López Ramírez, M. G. (2019). *Metalurgia de los metales preciosos*. Universidad Nacional Autónoma de México.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

ASTM International. (2014). *ASTM E1335-08(2014), Standard test methods for determination of gold in cyanide solutions*. <https://doi.org/10.1520/E1335-08R14>

International Organization for Standardization (ISO). (2021). *ISO 11426:2021 - Jewellery — Determination of gold in gold jewellery alloys — Cupellation method (fire assay)*. <https://www.iso.org/standard/79726.html>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Fusión
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Ejecutar el proceso de fusión de la muestra con fundente para separar los metales nobles de la ganga, aplicando normas de seguridad, en el laboratorio de ensaye, con pensamiento crítico y responsabilidad profesional.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Es un proceso termoquímico en el que la muestra de mineral y el fundente se calientan a alta temperatura (generalmente entre 1000 y 1200 °C) en un crisol refractario. Este proceso transforma la muestra en dos fases: una escoria vítrea que contiene los residuos no metálicos, y una fase metálica que contiene los metales preciosos. El fundamento químico se basa en reacciones de oxidación, reducción y formación de compuestos fusibles.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
<p>Equipo de protección personal. <i>Uso obligatorio para todos los integrantes al momento de realizar la práctica.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bata de laboratorio. • Mandil ignífugo (resistente a altas temperaturas, aluminizado). • Pantalones gruesos. • Zapato cerrado con casquillo. • Guantes térmicos. • Careta facial o gafas de seguridad. • Mascarilla antipolvo. <p>Equipamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horno de mufla o resistencias (1000 – 1200°C). • Crisoles de porcelana o arcilla refractaria. • Pinzas metálicas para crisol. • Ladrillos refractarios o base metálica. • Termómetro. • Campana extractora o ventilación adecuada. • Espátula. • Martillo. • Punzón. • Moldes de hierro (payonera). <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muestra preparada. • Lápiz de grafito o cera resistente a altas temperaturas. <p>Reactivos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundente preparado.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Horno.

- 1.1 Encender el horno, con el objetivo de agilizar el proceso. Ya que, mientras el horno se precalienta y alcanza los 1000° - 1100°C se pueden preparar el o los crisoles.
- 1.2 La payonera también tiene que estar caliente al momento de vaciar la escoria.

2. Preparación del crisol.

- 2.1 Asegurarse que el crisol este limpio y seco.
- 2.2 Verter en el crisol la muestra previamente mezclada con el fundente (generalmente de 75 a 100 gr de mezcla en total).

Nota: La cantidad de mineral a fundir puede fluctuar entre 5 o 50 gramos, dependiendo principalmente de la naturaleza del mineral. Si el contenido de sulfuros es muy grande o si la muestra es un concentrado de flotación, es recomendable fundir 5 gramos de muestra, pero si el mineral es oxidado, silicatado o carbonato, de baja ley como una cola o muestra de barreno, pudieran fundirse hasta 50 gramos, dependiendo de la capacidad del crisol, la cual no debe rebasar los 2/3 de su volumen con la mezcla fundente-mineral, en vista que el bórax se expande con la temperatura y pudieran perderse valores por derrame.

- 2.3 Por último se coloca una capa de aproximadamente 1 cm de bórax.
- 2.4 Marcar el crisol con el lápiz o cera, en caso de que se vayan a colocar más crisoles en el horno. Para poder identificarlo posteriormente y llevar más control.

3. Carga del horno.

- 3.1 Una vez el horno alcance la temperatura adecuada (usar termómetro laser, en caso de que el horno no cuente con un indicador de temperatura), abrir con cuidado la puerta y con ayuda de las pinzas colocar el o los crisoles dentro del horno.

Nota: En caso de ser más de un crisol, dibujar en una hoja el acomodo de los crisoles, con sus respectivas etiquetas para no generar confusiones.

- 3.2 Mantener la temperatura y dejar fundir durante 40 a 60 minutos (el tiempo puede variar según el de carga).

4. Retiro del crisol.

- 4.1 Abrir la puerta del horno.
- 4.2 Utilizar las pinzas para tomar el crisol, retíralo con cuidado y colocarlo sobre una base refractaria.

5. Vertido de la escoria.

- 5.1 Darle unos golpecitos al crisol sobre la base refractaria para rápidamente variar el contenido fundido en la payonera caliente donde se solidificará la escoria y se formará el botón.

6. Enfriamiento.

- 6.1 Dejar enfriar completamente la payonera.
- 6.2 Tener cuidado ya que la escoria al solidificarse y formarse el vidrio puede llegar a reventar, quebrarse y botar.
- 6.3 Una vez frío y solidificado, con la ayuda de un punzón y martillo se separa la escoria y el botón metálico.
- 6.4 Con el botón metálico y el martillo se forma un cubo (regulo), el cual pasará a la siguiente etapa (copelación).

Normas de seguridad recomendadas al realizar la práctica:

- Portar el EPP en todo momento.
- Verificar que el horno esté en condiciones operativas seguras antes de encenderlo (sin cables expuestos, buen aislamiento, sin residuos internos).
- Precalentar el horno con la puerta cerrada y monitorear que la temperatura no exceda los límites establecidos (generalmente 1100–1150 °C).
- No se debe abrir el horno sin protección facial ni guantes térmicos.
- Nunca tocar directamente el crisol ni el molde sin pinzas adecuadas y guantes térmicos.
- Dejar que los moldes y botones fundidos enfríen completamente antes de manipularlos a mano.

RESULTADOS ESPERADOS

Fundente completamente reaccionado, sin restos solidos no fundidos.
Obtención de un botón metálico compacto.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿La mezcla se fundió completamente en el tiempo estimado?
- ¿Cómo fue la apariencia del botón obtenido?
- ¿Este se separó claramente de la escoria?
- ¿Qué pasaría si la temperatura no se mantiene constante durante la fundición?
- ¿Cómo afecta una mala preparación del fundente al proceso de fusión?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La fundición es un paso crítico en el ensaye a fuego que permite concentrar los metales preciosos en un botón metálico mediante reacciones de fusión y reducción. La temperatura, el tiempo y la correcta composición del fundente son variables esenciales para el éxito del proceso.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Comparaciones entre diferentes tipos de fundentes y tiempo para ver como varia la calidad del botón. Investigar cómo se aplica el proceso de fusión en la industria metalúrgica referente diferentes minerales.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

Habashi, F. (1995). *Principles of extractive metallurgy. Volume 2: Pyrometallurgy*. Gordon and Breach Science Publishers.

López Ramírez, M. G. (2019). *Metalurgia de los metales preciosos*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Ministerio de Minería de Chile. (2010). *Manual de laboratorio químico para la minería del oro*. Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). Recuperado de <https://www.cochilco.cl>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

International Organization for Standardization. (2021). *ISO 11426:2021 – Jewellery — Determination of gold in gold jewellery alloys — Cupellation method (fire assay)*.

<https://www.iso.org/standard/79726.html>

ASTM International. (2018). *ASTM E1335-08(2014) – Standard Test Methods for Determination of Gold in Cyanide Solutions*. <https://doi.org/10.1520/E1335-08R14>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Copelación
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar el proceso de copelación para aislar el botón de metal precioso, bajo condiciones térmicas precisas, en la etapa final del ensaye a fuego, con enfoque en la calidad y disciplina técnica.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La copelación es una etapa de purificación donde se separa la plata (y eventualmente el oro) del plomo metálico con el que fue recolectada en la fusión. Se realiza calentando el botón metálico sobre una copela de magnesita, que absorbe el plomo oxidado (PbO), dejando un botón brillante de metal noble. El principio químico involucra la oxidación selectiva del plomo y la no reactividad del oro y la plata frente al oxígeno.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
<p>Equipo de protección personal (EPP). <i>Uso obligatorio para todos los integrantes en el laboratorio.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bata de laboratorio. • Mandil ignífugo (aluminizado). • Gafas de seguridad o careta de protección facial, resistente a altas temperaturas. • Mascarilla para vapores metálicos. • Zapatos cerrados con casquillo. <p>Equipamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horno de copelación (850° - 900°C). • Pinzas para copelas. • Ladrillo refractario o base metálica. • Cronometro o temporizador. • Extractor o campana de gases. <p>Materiales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Botón de plomo con Au y/o Ag (regulo) obtenido tras la fundición. • Copelas de magnesita o ceniza de hueso.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pre calentamiento del horno. <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Llevar el horno a 850° - 900°C y estabilizar la temperatura antes de iniciar. 2. Preparación de la copela. <ol style="list-style-type: none"> 1.2 Colocar la copela en el centro del horno durante unos minutos para precalentarla. 3. Colocación del botón metálico (regulo). <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Con pinzas, se deposita cuidadosamente el regulo en la copela caliente. <p>Nota: En esta etapa, es requisito indispensable que la copela se encuentre a una temperatura de 900°</p>

C antes de introducir el plomo sobre ella, de no cumplirse este requisito puede haber "galeo" (despedimiento de chispas) de plomo y por ende posible pérdida de valores y contaminación de las copelas adyacentes en caso de que sean varias.

4. Proceso de copelación.

- 4.1 Mantener el horno cerrado.
- 4.2 La puerta se abrirá un poco, después de aproximadamente 10 minutos, lapso en el que se espera que el plomo esté en estado líquido. Algunas muflas tienen un orificio en la parte superior, el cual se deberá abrir también para permitir circulación del aire y oxidar el plomo, convirtiéndose en PbO.
- 4.3 Controlar el proceso de oxidación para evitar que la temperatura descienda a valores menores a 850° C, de suceder, se corre el riesgo de una sobre oxidación de la superficie del plomo (congelamiento) que impide la absorción del plomo por la copela o la volatilización de este; lo cual redundaría en una fusión incompleta, aunque el plomo esté líquido por dentro habrá que repetirse el ensaye.
- 4.4 El proceso dura entre 20 – 45 minutos, dependiendo del tamaño de regulo.

5. Finalización del proceso.

- 5.1 El proceso termina cuando desaparece todo el plomo visible y aparece un botón brillante (doré) de Au y/o Ag, libre de escoria.

6. Enfriamiento y extracción.

- 6.1 Dejar enfriar la copela dentro del horno apagado o sobre una base refractaria.
- 6.2 Una vez fría, se retira el botón metálico para la etapa de pesaje o análisis.

Nota: En caso de que el doré contenga en su parte inferior incrustaciones de copela, deberá ser martillado con el objeto de eliminar impurezas, al tiempo que se facilita su observación y se impide que ruede al ser pesado.

Normas de seguridad recomendadas al momento de realizar la práctica:

- Nunca abras el horno sin protección facial y guantes térmicos.
- Evita la inhalación de vapores de plomo (PbO): trabaja siempre con campana extractora o mascarilla con filtro.
- No utilices copelas húmedas (pueden fracturarse por choque térmico).
- Manipula el botón y la copela solo cuando estén completamente fríos.
- Mantén un área limpia, despejada y con señalización visible.
- Supervisa el horno en todo momento y evita el sobrecalentamiento.

RESULTADOS ESPERADOS

Obtención de un doré metálico brillante, redondo y compacto en el fondo de la copela.
El doré debe de estar libre de escoria y plomo visible.
La copela mostrará una aureola gris o amarilla (por la absorción de PbO).
Registro detallado de tiempo, temperatura y observaciones del proceso.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Qué evidencias visuales indican que la copelación fue exitosa?

- ¿Qué significa si el dore final tiene aspecto opaco o irregular?
 ¿Cómo influye el tamaño del botón en el tiempo de copelación?
 ¿Qué riesgos presenta la exposición a óxidos metálicos durante esta etapa?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La copelación es una etapa fundamental que permite separar metales nobles (oro y plata) del plomo mediante oxidación y absorción.
 Un control preciso de la temperatura y tiempo garantiza la eficiencia del proceso.
 Esta práctica requiere no solo habilidades técnicas, sino también estricto cumplimiento de normas de seguridad debido al riesgo de exposición a PbO.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar y comparar tipos de copelas (ceniza de hueso, magnesita) según su absorción de PbO.
 Analizar qué sucede si la temperatura es demasiado baja o alta, o si se interrumpe la copelación.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Habashi, F. (1995). *Principles of extractive metallurgy. Volume 2: Pyrometallurgy*. Gordon and Breach Science Publishers.
- López Ramírez, M. G. (2019). *Metalurgia de los metales preciosos*. Universidad Nacional Autónoma de México.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

International Organization for Standardization. (2021). *ISO 11426:2021 – Jewellery — Determination of gold in gold jewellery alloys — Cupellation method (fire assay)*.

<https://www.iso.org/standard/79726.html>

ASTM International. (2011). *ASTM E1335-08(2014), Standard Test Methods for Determination of Gold in Cyanide Solutions*. <https://doi.org/10.1520/E1335-08R14>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Partición y pesado
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Determinar la masa de metales preciosos mediante técnicas de partición y pesado, utilizando balanza analítica en condiciones controladas, en el laboratorio químico, con precisión y ética profesional.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La base teórica se fundamenta en la diferente reactividad de los metales frente a ácidos y en la ley de conservación de la masa aplicada al análisis gravimétrico. Esta práctica consiste en separar el oro de la plata (cuando están juntos en el botón metálico) mediante digestión con ácido nítrico, que disuelve la plata pero no el oro. Luego, se pesa el residuo de oro en una balanza analítica.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipo de protección personal.

Uso obligatorio para todos los integrantes dentro del laboratorio.

- Bata de laboratorio.
- Guantes
- Gafas de seguridad.
- Mascarilla (es caso de polvos o vapores).
- Zapatos cerrados con casquillo.

Materiales y equipamiento.

- Doros obtenidos de la copelación.
- Balanza analítica (precisión de al menos 0.0001 gr).
- Pinzas de manipulación.
- Espátula de acero inoxidable.
- Papel o charola de pesado.
- Limas y herramientas para limpieza de doros (en caso de ser necesario).
- Recipientes de vidrio o viales de almacenamiento.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Revisión del doré.

1.1 Verificar que el doré esté completamente limpio, libre de escoria o impurezas visibles.

2. Partición (si es necesario).

2.1 Si el doré es grande, cortarlo cuidadosamente en porciones más pequeñas para facilitar el pesado y la posterior disolución.

3. Limpieza del doré.

3.1 De ser necesario eliminar residuos o impurezas con una lima muy fina o frotándolo suavemente.

4. Pesado.

4.1 Usar una balanza analítica previamente calibrada.

- 4.2 Con ayuda de las pinzas colocar el doré en el papel o charola de pesado limpia.
4.3 Registrar el peso con precisión (cuatro cifras decimales).

5. Almacenamiento.

- 5.1 Colocar el doré en un vial o frasco etiquetado con el nombre, fecha y número de muestra.

RESULTADOS ESPERADOS

Obtención del peso exacto del doré, tras la copelación.
Registro correcto del peso para su uso en cálculos posteriores de ley o recuperación del mineral.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿El doré requirió alguna limpieza?
¿El peso fue el esperado?
¿Cómo afectaría a procesos posteriores el tener un mal registro del peso?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La partición y el pesado del botón metálico son pasos esenciales para garantizar la exactitud de los análisis cuantitativos del ensaye a fuego. Una mala manipulación o registro incorrecto del peso puede comprometer la precisión del análisis químico.
Esta etapa requiere habilidades de precisión, limpieza y documentación rigurosa, reforzando la importancia de la trazabilidad en el análisis químico de minerales.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Elaborar un informe técnico del procedimiento con fotos y pesos registrados.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bultman, J. (2011). *Fire Assay: Principles and Practice*. Precious Metals Refining and Assay Services.

Habashi, F. (1999). *Textbook of Hydrometallurgy*. Metallurgie Extractive Quebec.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

ASTM International. (2020). *ASTM E1335-20: Standard Test Methods for Determination of Gold in Copper Concentrates by Fire Assay Gravimetric Method*. <https://www.astm.org/e1335-20.html>

ASTM International. (2022). *ASTM E34: Practices for Chemical Analysis of Metals*. <https://www.astm.org/e0034-21.html>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Apartado
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar el proceso de apartado mediante la disolución selectiva de plata con ácido nítrico, con la finalidad de obtener y pesar oro puro, bajo condiciones seguras y controladas de laboratorio, en el contexto del análisis gravimétrico de metales preciosos, desarrollando precisión, orden y responsabilidad.

FUNDAMENTO TEÓRICO
<p>El apartado es una técnica de separación utilizada para obtener oro puro a partir de una aleación de oro y plata. Tras la copelación, el botón metálico contiene ambos metales. Esta práctica se basa en las diferentes reactividades químicas de estos elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La plata (Ag) es soluble en ácido nítrico diluido, formando nitrato de plata (AgNO_3). • El oro (Au) es resistente a la acción del ácido nítrico (incluso diluido) y queda como residuo sólido. <p>Este proceso permite eliminar la plata, dejando el oro puro, el cual se puede secar y pesar gravimétricamente para determinar su contenido en la muestra original.</p>

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
<p>Equipo de protección personal (EPP). <i>Uso obligatorio para todos los integrantes dentro del laboratorio.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gafas de seguridad. • Bata de laboratorio. • Guantes de nitrilo o neopreno. • Mascarilla con filtro. • Zapatos cerrados con casquillo. <p>Uso obligatorio de campana de extracción de gases.</p> <p>Reactivos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ácido nítrico (HNO_3), diluido al 20%. • Agua destilada. <p>Materiales y equipamientos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Doré (aleación de Au-Ag). • Crisol de porcelana. • Plancha caliente. • Mechero Bunsen. • Triángulo de porcelana. • Pinzas metálicas y espátulas. • Matraz aforado. • Micro balanza (0.0001 gr). • Agitador de vidrio.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Pesar el doré.
 - 1.1 tomar nota del peso para cálculos posteriores.
2. En un crisol de porcelana colocar el doré.
3. Verter $\frac{1}{3}$ del volumen del crisol de ácido nítrico.
4. El crisol se colocará sobre la plancha caliente la cual a su vez estará dentro de la campana extractora.
5. Encender la plancha y esperar a que termine la reacción de la disolución de la plata; se notará su fin cuando ya no exista efervescencia y solo se observe un punto café oscuro o negro que será el oro.
 - 5.1 Este será lavado en cinco etapas sucesivas y decantado con agua destilada caliente, teniendo cuidado de no tener perdidas por arrastre de partículas oscuras, pues es muy común que el oro se divida en finos fragmentos.
 - 5.2 La última decantación debe hacerse con sumo cuidado, lento y ayudando el escurrimiento con un agitador de vidrio, se tratará de eliminar todo el agua posible; procurando que el oro quede adherido a la pared del crisol.
6. Se coloca nuevamente el crisol en un plato caliente para eliminar cualquier rastro de humedad.
7. Colocar el crisol sobre un triángulo de porcelana, el cual estará sobre un mechero Bunsen para calcinar el oro. Sólo hasta este punto el oro adquirirá su característico color amarillo.
 - 7.1 Nunca se debe calcinar cuando aún exista humedad en el crisol ya que esto puede provocar la proyección hacia el exterior de los valores de oro.
8. Terminada la calcinación, se procede a pesar el oro en una micro balanza; por diferencia entre el peso final y el peso inicial del doré podremos saber cuánta plata teníamos.

RESULTADOS ESPERADOS

Disolución completa de la plata presente en el botón.
Obtención de oro puro, seco y pesado, con una masa registrada con precisión.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Por qué se utiliza ácido nítrico en lugar de otro reactivo?
- ¿Qué implicaciones tendría una disolución parcial del oro?
- ¿Cómo se asegura que el oro esté completamente libre de impurezas después del apartado?
- ¿Qué errores podrían surgir si el lavado no se realiza correctamente?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El apartado permite separar oro de plata mediante una reacción química selectiva con ácido nítrico. Requiere cuidado en la manipulación de ácidos, así como precisión en el secado y pesado final del residuo.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Calcular la ley de oro (g/t) de la muestra a partir del peso final.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Crterios de evaluaci3n	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeo	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

Arévalo Amezcua, J. (2010). *Manual de ensaye de minerales*. Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora.

Habashi, F. (1999). *Textbook of Hydrometallurgy*. Métallurgie Extractive Québec.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-010-STPS-2014. (2014). *Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral - Reconocimiento, evaluación y control*. Diario Oficial de la Federación.

ASTM International. (2017). *ASTM E1335-20: Standard Test Method for Determination of Gold in Copper Concentrates by Fire Assay Gravimetric Method*. <https://www.astm.org/e1335-20.html>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Cálculos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar cálculos estequiométricos y gravimétricos para obtener la concentración de metales, a partir de los datos experimentales obtenidos, en el contexto de ensayos químicos, con pensamiento lógico y autonomía.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Se basan en la estequiometría, la masa del botón metálico o del residuo, el peso original de la muestra y factores de corrección según la recuperación del método. Es esencial para interpretar los resultados y evaluar el contenido económico de la muestra. Los cálculos permiten expresar la cantidad de metal valioso en términos cuantitativos, como gramos por tonelada (g/t) o porcentaje.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
<p>Materiales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuaderno de apuntes. • Pluma o lápiz • Calculadora científica. <p>También puede realizar sus cálculos en Excel.</p>

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar datos previos. <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Pesar la muestra inicial de mineral (peso bruto y peso neto). 1.2 Registrar pesos de la carga, fundentes, plomo utilizado y peso de la escoria. 2. Registrar pesos de los doré. <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Pesar el botón del plomo obtenido en la fundición. 2.2 Registrar el peso del doré después de la copelación. 2.3 Registrar el peso del oro puro (tras el apartado de plata). 3. Aplicar factores de correcciones. <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Considerar factores de pérdida por volatilización o impurezas. 3.2 Usar la recuperación teórica o factor de recuperación del horno. 4. Realizar cálculos básicos. <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Calcular la ley del mineral (gr/t u oz/t) usando la relación: $\text{ley (g/t)} = \frac{\text{Peso del metal recuperado (mg)} * 100}{\text{Peso de la muestra (g)}}$ 4.2 Si corresponde, calcular la recuperación porcentual: $\text{Recuperación (\%)} = \frac{\text{Peso del metal recuperado}}{\text{Peso teórico esperado}} * 100$ 5. Registrar resultados finales. <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Anotar cálculos con unidades correctas.

5.2 Revisar consistencia de datos y coherencia de resultados.

RESULTADOS ESPERADOS

Obtención de la ley del mineral (g/t u oz/t).
 Determinación de la recuperación metalúrgica.
 Hoja de cálculos clara, con resultados consistentes con los datos de fundición, copelación y apartado.
 Interpretación de posibles pérdidas o variaciones en cada etapa.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

¿Qué peso inicial de muestra se utilizó?
 ¿Cuánto pesó el botón de plomo tras fundición y el doré tras copelación?
 ¿Qué indica la diferencia entre peso de botón de plomo y botón de doré?
 ¿Cómo se calcula la ley del mineral y qué significa este valor?
 ¿Qué factores afectan la recuperación del metal durante la copelación?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica de cálculos permite verificar la eficacia de cada etapa del ensaye a fuego.
 Un cálculo correcto garantiza que la ley del mineral reportada sea representativa y confiable.
 Es indispensable registrar y organizar adecuadamente los pesos en cada fase para evitar errores de interpretación.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Comparar resultados de distintas muestras para evaluar consistencia.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

Habashi, F. (1999). *Extractive Metallurgy of Gold*. Quebec: Métallurgie Extractive Québec.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

ASTM International. (2022). *ASTM E1335-22: Standard Test Method for Determination of Gold in Bullion by Cupellation (Fire Assay) Method*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/E1335-22>

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC 2
	Utilizar técnicas analíticas y unidades químicas para determinar cuantitativamente los contenidos metálicos y/o no metálicos de minerales provenientes de los procesos metalúrgicos, a través del análisis de problemas, con base en las técnicas vigentes en la industria minero metalúrgico.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Digestión de minerales	Descomponer la matriz mineral mediante digestión ácida para liberar los elementos de interés, empleando técnicas de laboratorio seguras, en preparación para análisis instrumental, con responsabilidad y manejo adecuado de reactivos.
Práctica No. 2	Determinación de compuestos en minerales	Analizar la composición de elementos metálicos presentes en muestras minerales, utilizando técnicas instrumentales como AAS o ICP, bajo condiciones estandarizadas, en el contexto del control de calidad minera, con capacidad analítica y manejo ético de datos.
Práctica No. 3	Determinación de compuestos en solución	Cuantificar compuestos químicos disueltos mediante técnicas volumétricas o colorimétricas, siguiendo procedimientos validados, en el análisis de soluciones minerales, con precisión y trabajo colaborativo.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Digestión de minerales
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Descomponer la matriz mineral mediante digestión ácida para liberar los elementos de interés, empleando técnicas de laboratorio seguras, en preparación para análisis instrumental, con responsabilidad y manejo adecuado de reactivos.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La digestión es un proceso químico de descomposición de matrices sólidas (minerales) mediante la acción de ácidos fuertes, como HCl, HNO₃, HF o agua regia. Su finalidad es disolver completamente los elementos metálicos presentes para poder analizarlos posteriormente en solución. El fundamento se basa en la reactividad de los minerales frente a medios ácidos y la necesidad de liberar los elementos para técnicas instrumentales.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipo de protección personal (EPP).

Uso obligatorio para los integrantes dentro del laboratorio.

- Guantes de nitrilo o neopreno (resistentes al ácido).
- Bata de laboratorio.
- Gafas de seguridad.
- Mascarilla con filtro para vapores ácidos.
- Zapatos cerrados y con casquillo.

Materiales y equipamiento:

- Vasos de precipitado.
- Plancha caliente con agitación magnética.
- Agitador o barra magnéticos recubierta.
- Matraz aforado (100 ml o 250 ml).
- Embudos, papel filtro.
- Pipetas graduadas o automáticas.
- Gradilla para tubos o vasos.
- Termómetro de laboratorio.

Reactivos:

- Ácido nítrico (HNO₃) concentrado.
- Agua destilada.
- Solución de ácido nítrico al 20% (preparada al momento).

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Preparación del ácido nítrico al 20%

1.1 En un vaso de precipitados, diluir cuidadosamente 20 ml de ácido nítrico concentrado en 80 ml de agua destilada.

2. Pesado de muestra.

2.1 Pesa aproximadamente 0.5 gr mineral finamente pulverizado en una balanza analítica.

3. Digestión.

3.1 Colocar la muestra en un vaso de precipitado limpio.

- 3.2 Añadir 20 ml de ácido nítrico al 20%.
 - 3.3 Colocar el vaso sobre una plancha caliente con agitación suave.
 - 3.4 Calentar entre 60 – 80 °C durante 30 a 60 minutos, sin llegar a ebullición.
 - 3.5 Observar la disolución parcial o total del sólido (la formación de gas NO₂ o efervescencia leve es normal).
- 4. Filtrado.**
 - 4.1 Una vez enfriado, filtrar la solución para eliminar residuos insolubles.
 - 4.2 Transferir el filtrado a un matraz aforado.
 - 5. Aforo y almacenamiento.**
 - 5.1 Llevar el volumen final a 100 ml con agua desionizada.
 - 5.2 Almacenar en un frasco de vidrio limpio y etiquetarlo.

RESULTADOS ESPERADOS

Obtención de una solución clara que contiene los elementos metálicos solubles del mineral (como Cu, Fe, Zn, Pb, entre otros). Reducción del contenido sólido por acción del ácido nítrico sobre óxidos y sulfuros metálicos parcialmente solubles.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas o guías para la interpretación de los datos.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La digestión con ácido nítrico al 20 % permite extraer selectivamente algunos metales presentes en la muestra mineral.
Este procedimiento es esencial para la preparación de muestras en análisis químico cuantitativo, asegurando resultados confiables.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Comparar la eficiencia de la digestión con otras concentraciones de ácido nítrico.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

Arévalo Amezcua, J. (2010). *Manual de ensaye de minerales*. Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora.

Habashi, F. (1999). *Textbook of Hydrometallurgy*. Métallurgie Extractive Québec.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-010-STPS-2014. (2014). *Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral - Reconocimiento, evaluación y control*. Diario Oficial de la Federación.

ASTM International. (2013). *ASTM D1976-13: Standard Test Method for Elements in Water by ICP*.
<https://www.astm.org/d1976-13.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2007). *ISO 11466: Soil quality — Extraction of trace elements soluble in aqua regia*. <https://www.iso.org/standard/38294.html>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Determinación de elementos en minerales
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Analizar la composición de elementos metálicos presentes en muestras minerales, utilizando técnicas instrumentales como AAS o ICP, bajo condiciones estandarizadas, en el contexto del control de calidad minera, con capacidad analítica y manejo ético de datos.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La determinación de elementos minerales implica identificar y cuantificar metales presentes en una muestra mineral, mediante métodos químicos clásicos o instrumentales. La titulación permite determinar el contenido de hierro total mediante la relación estequiométrica entre el dicromato y el hierro ferroso. Este método es aplicable en minería, metalurgia, control de calidad y análisis geológico.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
<p>Equipo de protección personal. <i>Uso obligatorio para todos los integrantes dentro del laboratorio.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bata de laboratorio de algodón. • Guantes de nitrilo. • Lentes de seguridad. • Mascarilla si se manipulan polvos o ácidos concentrados. • Zapatos cerrados antideslizantes. <p>Materiales y equipamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frascos Erlenmeyer (250 ml). • Pipetas volumétricas y automáticas. • Bureta de 50 ml con soporte y pinza. • Vaso de precipitados (100 ml). • Agitador magnético o manual. • Matraz aforado (250 ml). • <p>Equipamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución estándar de dicromato de potasio (0.1 N). • Ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄). • Ácido fosfórico (H₃PO₄) (opcional, para mejorar la definición del punto final). • Indicador de difenilamina o ferroína. • Muestra mineral pulverizada.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
<p>Para efectos didácticos se tomará como ejemplo general la práctica de Determinación de hierro (Fe) por titulación redox con dicromato de potasio.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pesar aproximadamente 0.5 gr de muestra mineral pulverizada en un vaso precipitado. 2. Disolver la muestra en ácido clorhídrico o sulfúrico caliente, asegurándose de disolver todo el hierro. 3. Filtrar si es necesario y transferir la solución a un matraz aforado, completando el volumen con agua destilada.

4. Tomar una alícuota de 25 ml en un Erlenmeyer.
5. Acidular con 10 ml de ácido sulfúrico concentrado.
6. Añadir unas gotas de indicador difenilamina o ferroína.
7. Titular lentamente con la solución estándar de dicromato de potasio, agitando constantemente hasta observar el cambio de color característico (de verde pálido a violeta o azul, según el indicador).
8. Registrar el volumen gastado.

RESULTADOS ESPERADOS

- Determinación precisa del volumen de dicromato gastado.
- Cálculo del porcentaje de hierro total en la muestra.
- Resultados reproducibles, dentro de un margen de error aceptable.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Qué volumen de dicromato de potasio se utilizó en la titulación?
- ¿Cuál es el porcentaje de hierro en la muestra original?
- ¿Qué función cumple el ácido sulfúrico en la reacción?
- ¿Por qué es importante utilizar un indicador redox?
- ¿Qué ocurre si la muestra no se disuelve completamente?
- ¿Qué interfiere en la reacción y cómo se minimizan estos efectos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Se comprobó la aplicación del método volumétrico redox para cuantificar elementos minerales, en este caso, hierro.
Se reforzó la importancia de seguir los pasos de disolución, filtración, titulación y detección precisa del punto final.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Elaboración de un reporte de práctica.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

NMX-B-073-1980. (1980). *Minerales de hierro — Determinación de hierro total — Método volumétrico*. Dirección General de Normas, México.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

ASTM International. (2021). *ASTM E536-20: Standard Test Methods for Chemical Analysis of Zinc and Zinc Alloys*.
ASTM International. <https://doi.org/10.1520/E0536-20>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Determinación de compuestos en solución
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Cuantificar compuestos químicos disueltos mediante técnicas volumétricas o colorimétricas, siguiendo procedimientos validados, en el análisis de soluciones minerales, con precisión y trabajo colaborativo.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La determinación de cobre por vía húmeda mediante titulación redox es un método clásico de análisis volumétrico. El procedimiento se basa en la reacción del ion cúprico (Cu^{2+}) con yoduro de potasio (KI), liberando yodo libre (I_2). El yodo liberado es cuantificado mediante titulación con una solución estándar de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) hasta un punto final determinado por la desaparición del color azul del complejo yodo-almidón.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipo de protección personal.

Uso obligatorio para todos los integrantes dentro del laboratorio.

- Guantes.
- Bata de laboratorio.
- Zapatos cerrados con casquillo.

Materiales, equipamiento y/o reactivos.

- 0.6 gr de sal cúprica.
- 50 ml de agua.
- 2 ml de ácido sulfúrico.
- 2 gr de yoduro potásico.
- Solución 0.1 N de tiosulfato sódico.
- 2 ml de engrudo de almidón.
- Frasco con tapadera.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Determinación de cobre.

Ejecución práctica.

1. En un frasco que pueda taparse se agregan 0.6g de sal cúprica.
 - 1.1 Disolver con 50 ml de agua.
2. Acidular con 2 ml de ácido sulfúrico concentrado.
3. Añadir 2 gr de yoduro potásico exento de yodo.
4. Tapar el frasco y agitar un breve tiempo.
5. Luego, el yodo separado se valora con solución 0.1 N de tiosulfato sódico hasta que el color de la solución ya no sea más que amarillo pálido.
6. Se añaden 2 ml de engrudo de almidón y por último se valora, lentamente y agitando sin cesar, hasta el final.
7. El término de la reacción se ha logrado en el momento justo en que desaparece el tono azulado

del líquido turbio y en que este ya no aparece más que color blanco-amarillento o blanco pardusco.

No debe haber hierro ni arsénico.

Un mililitro de solución 0.1 N de tiosulfato sódico corresponde a 1/10 de miliequivalente-gramo; a saber; a 6.345 mg de Cu

RESULTADOS ESPERADOS

- Obtención del volumen exacto de tiosulfato sódico 0.1 N gastado en la titulación.
- Cálculo del contenido de cobre (mg) en la muestra original, usando el factor de equivalencia:
 - 1 ml de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N equivale a 6.345 mg de Cu.
- El líquido final debe quedar incoloro o blanco amarillento, indicando el término de la reacción.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Cuál fue el volumen de tiosulfato sódico 0.1 N utilizado en la titulación?
- ¿Qué cantidad de cobre (en mg) contiene la muestra valorada?
- ¿Qué función cumple el yoduro de potasio en el proceso?
- ¿Por qué es importante acidular la solución con ácido sulfúrico?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permitió determinar cuantitativamente la cantidad de cobre presente en una muestra mediante titulación redox con tiosulfato de sodio.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Realizar un reporte con los resultados obtenidos.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio



FUENTES DE INFORMACIÓN

Arévalo Amezcua, J. (2010). *Manual de ensaye de minerales*. Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

ASTM International. (2021). *ASTM E54-21: Standard Practice for Chemical Analysis of Metals*. ASTM International.
<https://doi.org/10.1520/E0054-21>

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC 3
	Determinar el contenido de elementos presentes en soluciones provenientes de procesos metalúrgicos, mediante técnicas y equipo instrumental, para conocer sus concentraciones y facilitar la toma de decisiones a través del análisis de problemas en el control de procesos metalúrgicos.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Preparación de estándares de calibración	Formular soluciones patrón para la calibración de equipos analíticos, respetando la trazabilidad metrológica y normas técnicas, en prácticas de análisis cuantitativo, con enfoque en la calidad y la organización.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Preparación de estándares de calibración
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Formular soluciones patrón para la calibración de equipos analíticos, respetando la trazabilidad metrológica y normas técnicas, en prácticas de análisis cuantitativo, con enfoque en la calidad y la organización.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Los estándares de calibración son soluciones de concentración conocida utilizadas para construir curvas de calibración en análisis instrumental. Su preparación implica pesar con precisión un compuesto patrón y disolverlo en un volumen exacto. El fundamento teórico incluye principios de solución, concentración, trazabilidad metrológica y linealidad en las mediciones analíticas.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
<p>Equipo de protección personal (EPP) Uso obligatorio para todos los integrantes dentro del laboratorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lentes de seguridad. • Bata de laboratorio. • Guantes de nitrilo. • Zapatos cerrados con casquillo. <p>Materiales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matraz aforado (100 ml, 200 ml, 500 ml). • Pipetas volumétricas y automáticas. • Probetas graduadas. • Frascos cuentagotas o frascos de ámbar (si el estándar es sensible a la luz). • Papel filtro. • Etiquetas para identificación. <p>Equipamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica de lata precisión (0.0001gr). • Agitador magnético con placa calefactora. • Campana de extracción de gases. <p>Reactivos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estándar patrón del elemento de interés. • Agua desionizada

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Calcular la cantidad del estándar patrón necesaria para preparar la solución de Matriz base con concentración conocida (ej. 1000 ppm). 2. Tomar con la micropipeta los mililitros calculados anteriormente, asegurando su exactitud. 3. Verter en un vaso precipitado con una pequeña cantidad de agua desionizada. 4. Transferir cuantitativamente la disolución a un matraz aforado de volumen adecuado (100 ml, 200 ml o 500 ml) usando de ser necesario un embudo.

5. Enjuagar el vaso de precipitados varias veces y verter los lavados al matraz aforado para no perder solución.
6. Aforar hasta la marca con agua desionizada. Tapar y homogenizar invirtiendo el matraz varias veces.
7. Etiquetar claramente indicando concentración, elemento, fecha de preparación y responsable.

Si se requieren soluciones de trabajo a concentraciones menores (por ejemplo: 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm...), realizar diluciones sucesivas de la solución madre usando pipetas y matraces aforados limpios.

8. Registrar todos los cálculos y pasos realizados en la bitácora del laboratorio.

RESULTADOS ESPERADOS

- Obtención de soluciones patrón de concentración exacta y verificable.
- Etiquetado correcto de cada estándar.
- Registro de cálculos y lotes en bitácora.
- Preparación de una curva de calibración (si se aplica en la misma sesión).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ¿Qué concentración final se obtuvo?
- ¿Cómo se realizó la dilución para obtener estándares secundarios?
- ¿Qué importancia tiene usar matraces y pipetas volumétricas en lugar de material graduado?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La correcta preparación de estándares es esencial para calibrar equipos y asegurar la exactitud de resultados analíticos.
Cada error en pesaje, disolución o dilución afecta directamente la calidad de la curva de calibración.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Elaborar varios estándares.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Crterios de evaluación	Rúbrica de Práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	
Formatos de reporte de prácticas	Rúbrica de Reporte de prácticas de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

Harris, D. C. (2015). *Análisis químico cuantitativo* (9a ed.). McGraw-Hill Education.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

ISO. (2017). *ISO/IEC 17025:2017 — General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/66912.html>

NMX-EC-17025-IMNC-2018. (2018). *Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración*. Dirección General de Normas, México.



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu