



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DOCUMENTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ALGUNOS MÉTODOS
DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS, PROVENIENTES DEL ÁREA
DE MINERALES DE LOS LABORATORIOS TÉCNICOS DEL MINISTERIO
DE ENERGÍA Y MINAS. CASO ESPECÍFICO: TRATAMIENTO
DE DESECHOS PROVENIENTES DE ANÁLISIS DE AZUFRE**

Irma Yadira Portillo Amézquita

Asesorado por la Inga. Mayra del Rosario Villatoro Del Valle

Guatemala, febrero de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DOCUMENTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ALGUNOS MÉTODOS
DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS, PROVENIENTES DEL ÁREA
DE MINERALES DE LOS LABORATORIOS TÉCNICOS DEL MINISTERIO
DE ENERGÍA Y MINAS. CASO ESPECÍFICO: TRATAMIENTO
DE DESECHOS PROVENIENTES DE ANÁLISIS DE AZUFRE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

IRMA YADIRA PORTILLO AMEZQUITA

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA DEL ROSARIO VILLATORO DEL VALLE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADORA	Inga. Teresa Lisely de León Arana
EXAMINADORA	Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DOCUMENTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ALGUNOS
MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS, PROVENIENTES
DEL ÁREA DE MINERALES DE LOS LABORATORIOS
TÉCNICOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. CASO
ESPECÍFICO: TRATAMIENTO DE DESECHOS PROVENIENTES
DE ANÁLISIS DE AZUFRE,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 22 de marzo de 2006.


Irma Yadira Portillo Amézquita



MEM

LAB-OF-077-06

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
REPUBLICA DE GUATEMALA

Guatemala, 02 de noviembre del 2006

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con el propósito de manifestarle mi conformidad con el contenido del Informe Final del Trabajo de Graduación titulado "Documentación e implementación de algunos métodos de eliminación de desechos provenientes del área de minerales de los Laboratorios Técnicos del Ministerio de Energía y Minas. Caso específico: Tratamiento de desechos provenientes de análisis de azufre", de la estudiante de Ingeniería Química Irma Yadira Portillo Amézquita, quien realizó su Ejercicio Profesional Supervisado en este Laboratorio.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,


Inga Mayra del Rosario Villatoro del Valle
Coordinadora Laboratorios Técnicos
Asesora



c.c.: Archivo
sf

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 02 de febrero de 2007

REF. EPS. C. 82.02.07

Ing. Angel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de la estudiante universitaria de la Carrera de Ingeniería Química, **Irma Yadira Portillo Amézquita**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **“DOCUMENTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ALGUNOS MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS PROVENIENTES DEL ÁREA DE MINERALES DE LOS LABORATORIOS TÉCNICOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. CASO ESPECÍFICO: TRATAMIENTO DE DESECHOS PROVENIENTES DE ANÁLISIS DE AZUFRE”**.

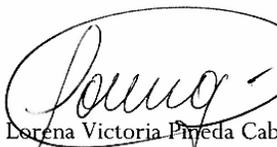
Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“D y Enseñad a Todos”


Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Química



LVPC/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala, 26 de enero de 2007

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Williams Alvarez Mejía
Director
Escuela Ingeniería Química

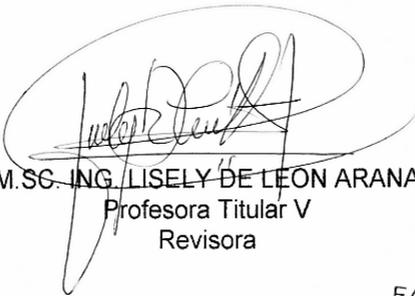
Ing. Álvarez:

Por medio de la presente, le informo que he revisado el Informe Final del Ejercicio Profesional Supervisado de la estudiante Irma Yadira Portillo Amézquita, carné 1990-12726, titulado DOCUMENTACION E IMPLEMENTACION DE ALGUNOS METODOS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS PROVENIENTES DEL ÁREA DE MINERALES DE LOS LABORATORIOS TÉCNICOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. CASO ESPECÍFICO: TRATAMIENTO DE DESECHOS PROVENIENTES DE ANÁLISIS DE AZUFRE.

Considero que está apto para proseguir con los trámites para su graduación.

Sin otro particular, me despido,

Atentamente



M.SC. ING. LISELEY DE LEÓN ARANA
Profesora Titular V
Revisora

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE QUIMICA
RECIBIDO
26 ENE 2007
Firma: *Irma* Hora: 12:32

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M. Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe del Departamento al trabajo de Graduación de la estudiante **Irma Yadira Portillo Amézquita** titulado **“DOCUMENTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ALGUNOS MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS, PROVENIENTES DEL ÁREA DE MINERALES DE LOS LABORATORIOS TÉCNICOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. CASO ESPECÍFICO: TRATAMIENTO DE DESECHOS PROVENIENTES DE ANÁLISIS DE AZUFRE”** procede a la autorización del mismo.



Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



Guatemala, febrero de 2,007

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.051.07

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DOCUMENTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ALGUNOS MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS, PROVENIENTES DEL AREA DE MINERALES DE LOS LABORATORIOS TÉCNICOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, CASO ESPECÍFICO: TRATAMIENTO DE DESECHOS PROVENIENTES DE ANÁLISIS DE AZUFRE**, presentado por la estudiante universitaria **Irma Yadira Portillo Amézquita**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.




Inga. Glenda Patricia García Soria
DECANA a.i.

Guatemala, febrero de 2007

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por todas las bendiciones que me ha brindado, por iluminarme y fortalecerme en los momento más difíciles de mi vida. Señor, que me falte todo, menos tú.

MIS PADRES

ADELSON PORTILLO DARDÓN E

IRMA ESTELA AMÉZQUITA DE PORTILLO

Por haberme dado la vida, por todos sus sacrificios, sus oraciones y por el apoyo incondicional que siempre me han brindado. Espero se sientan orgullosos de mí. Los amo y estoy segura que son los mejores padres que Dios pudo haberme dado.

MI HERMANO

MAX GEOVANNY PORTILLO AMÉZQUITA

Por ese apoyo y cariño incondicional que solamente un hermano puede dar. Espero verlo pronto culminando su meta.

MI ESPOSO

CARLOS ALBERTO LÓPEZ MÉNDEZ

Por su cariño y todo el sacrificio que ha realizado para proveerme de lo necesario, para poder culminar esta meta. Estoy segura que mi vida sin ti no sería la misma. Este triunfo también es tuyo.

MIS HIJOS

**CARLA GUADALUPE LÓPEZ PORTILLO Y
CARLOS JOSÉ LÓPEZ PORTILLO**

Por ser mi mayor orgullo, el regalo más bello que Dios me ha dado y el verdadero motor que impulsa mi vida. Nunca olviden que los amo y que espero sean unos triunfadores.

MI FAMILIA

Por su cariño, apoyo y sobre todo, por sus oraciones.

MIS AMIGOS

Especialmente a Ana Arévalo, Alfredo Gutiérrez, esposos Fong Mazariegos y Graciela Sartorelli, por mostrarme siempre lo valioso de una amistad.

**UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE
GUATEMALA**

Sin lugar a dudas la mejor Universidad de Guatemala. Dentro de sus aulas aprendí que la perseverancia es clave para el éxito. Me siento orgullosa y honrada de ser sancarlista.

AGRADECIMIENTOS A:

**ING. WILLIAMS G.
ÁLVAREZ MEJÍA**

Por todo su apoyo, y porque más que una autoridad, para mí siempre ha sido un amigo.

INGA. LORENA PINEDA

Por ayudarme a culminar exitosamente esta tan anhelada meta.

INGA. LISELY DE LEÓN

Por su apoyo y especial dedicación en la revisión de mi trabajo.

**INGA. MAYRA
VILLATORO**

Por la oportunidad que me brindó para realizar este trabajo, por su apoyo y comprensión.

**TODO EL PERSONAL
DEL LABORATORIO
TÉCNICO DEL
MINISTERIO DE
ENERGÍA Y MINAS**

En especial a Fredy, Edgar, David, Roderico, Hugo y Silvita, por toda su ayuda y muestras de amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Definición de residuo químico.....	4
2.2. Clasificación de residuos químicos de laboratorio.....	5
2.2.1 Residuo químico peligroso.....	5
2.2.2 Residuo químico no peligroso.....	6
2.3 Factores a considerar para la eliminación de residuos químicos..	6
2.3.1 Sustancias incompatibles.....	7
2.3.2 Reactividad.....	8
2.3.3. Toxicidad.....	12
2.3.4 Efecto cancerígeno de compuestos químicos.....	14
2.4 Procedimientos para la eliminación-recuperación de los residuos	16
2.4.1 Vertido.....	16
2.4.2 Incineración.....	16
2.4.3 Recuperación.....	17
2.4.4 Reutilización – Reciclado.....	17

2.5 Mecánica de funcionamiento para la recogida selectiva de residuos químicos.....	20
2.5.1 Tipos de envases.....	20
2.5.2 Etiquetado e identificación de los envases.....	22
2.5.3 Almacenamiento temporal.....	23
2.6 Medidas de seguridad para trabajar dentro de un laboratorio.....	23
2.6.1 Orden y limpieza.....	23
2.6.2 Temperatura, humedad y ventilación.....	24
2.6.3 Recomendaciones de carácter personal.....	25
2.6.4 Recomendaciones de trabajo.....	25
3. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.1 Metodología.....	27
3.2 Resultados.....	27
3.3 Discusión de resultados.....	36
4. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	39
4.1 Metodología.....	39
4.2 Resultados.....	40
4.3 Discusión de resultados.....	48
5. FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.....	51
3.1 Metodología.....	51
3.2 Resultados.....	53
3.3 Discusión de resultados.....	53
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

BIBLIOGRAFÍA.....	63
APÉNDICES.....	65
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Diagrama de Tres factores a considerar para la eliminación de desechos químicos.....	19
2. Diagrama de flujo del procedimiento empleado.....	47
3. Pictogramas de peligrosidad.....	73

TABLAS

I. Sustancias incompatibles de elevada afinidad.....	8
II. Reacciones peligrosas de los ácidos.....	9
III. Compuestos que reaccionan violentamente con el agua.....	10
IV. Inflamación espontánea.....	11
V. Categorías tóxicas.....	12
VI. Efectos que producen algunas sustancias.....	15
VII. Datos originales. Cuantificación de residuos generados en el área de minerales.....	31
X. Datos originales. Métodos más utilizados en el área de minerales del laboratorio técnico del MEM.....	34
XI. Resumen de cantidades de residuos químicos desechados en el laboratorio técnico del MEM.....	35
XII. Control de las principales características de los residuos generados.....	46

XIII. Control para la cuantificación de los residuos generados.....	46
XIV. Resumen mensual de los métodos más aplicados y de la cuantificación de residuos generados.....	46
XV. Hoja de control para la cuantificación de residuos.....	67
XVI. Cotización de materiales y recursos.....	69
XVII. Calificación de peligros especiales Normas R.....	75
XVIII Precauciones aconsejables Normas S.....	79
XIX. Colores propuestos para etiquetar residuos químicos.....	83

GLOSARIO

- Almacenamiento** Es el depósito temporal de residuos tóxicos y peligrosos que no suponga ninguna forma de eliminación o aprovechamiento de los mismos.
- ASTM** American Society for Testing and Materials. Es un departamento central para la estandarización de datos tecnológicos y métodos de tests.
- Beacker* Recipiente cilíndrico volumétrico de vidrio fino, que se utiliza en el laboratorio, sobre todo para calentar, preparar, disolver o trasvasar líquidos. Tiene una escala graduada en mililitros.
- Cancerígenas** Sustancias que pueden provocar la formación de tumores malignos.
- Corrosividad** Una de las características de un residuo peligroso, se refiere al pH de un ácido o base o su habilidad para corroer acero.
- Drenaje** Extracción del agua superficial o subterránea de una zona determinada por medios naturales o artificiales. El término drenaje suele aplicarse a la eliminación del exceso de agua con canales, desagües, zanjas, alcantarillas y otros tipos de sistemas para recoger y transportar agua con ayuda de bombas o por la fuerza de la gravedad.

Disolución	Mezcla homogénea, de una o más especies químicas, está formada por una fase dispersa llamada soluto y un medio dispersante denominado disolvente.
Documentación	Documento o conjunto de documentos, que sirven para la identificación personal o para documentar o acreditar algo.
Eliminación	Todo procedimiento que como el vertido controlado, la incineración sin recuperación de energía, la inyección en el subsuelo y el vertido al mar, no implique aprovechamiento alguno de los recursos.
Evaporación	El paso de líquido a vapor, que se produce en la superficie de un líquido a cualquier temperatura. Esto se debe a la existencia de moléculas que alcanzan la superficie del líquido con suficiente energía para escapar de él. La velocidad de la evaporación depende de la naturaleza del líquido, de su superficie y de la temperatura. El viento ayuda a la evaporación retirando las moléculas que ya han escapado del líquido evitando que puedan volver a él.
Filtración	Proceso de separar un sólido suspendido (como un precipitado) del líquido en el que está suspendido, al hacerlos pasar a través de un medio poroso por el cual el líquido puede penetrar fácilmente.
Frases R	Indicaciones de riesgo (del inglés: risk) en forma estandarizada según las reglamentaciones de la CE (en Alemania: Reglamentaciones sobre materiales peligrosos).

Frases S	Consejos de seguridad estandarizados (del inglés: safety) según las reglamentaciones de la CE (en Alemania: Reglamentaciones sobre materiales peligrosos).
Implementación	Poner en funcionamiento, aplicar métodos, medidas, etc., para llevar a cabo cualquier proceso, secuencia, procedimiento, etc.
Incineración	Proceso industrial en el que diversos tipos de residuos son eliminados mediante combustión.
Incompatibilidad	Repugnancia que tiene una sustancia para unirse con otra, se caracteriza por reacciones inestables y violentas.
MEM	Siglas del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala.
Metodología	Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición.
Mezcla ácida	Sustancia con alto contenido de ácidos que se caracteriza por su sabor agrio, tonalidad rosa y reaccionan con ciertos metales desprendiendo hidrógeno. Las disoluciones ácidas tienen un pH que varía desde 6 (ácido débil) hasta 1 (ácido fuerte).

Mezcla básica	Sustancia con alto contenido de sal que se caracteriza por su sabor amargo, tonalidad azulada y tiene tacto jabonoso. Las disoluciones básicas tienen un pH que varía desde 8 (base débil) hasta 14 (base fuerte).
Mufla	Horno manual de barro refractario o de metal, que se emplea en laboratorios, cocinas y usos industriales para reconcentrar el calor y conseguir la fusión de diversos cuerpos. Su forma puede ser semicilíndrica o en forma de copa.
Mutágeno	Sustancia que producen cambios en el material hereditario; son capaces de producir daños genéticos que, a veces, se presentan después de varias generaciones.
Neutralización	Método de tratamiento químico para residuos peligrosos corrosivos por la adición de un ácido o base para hacer neutral al residuo.
pH	Término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de la acidez de la disolución.
Precipitación	Método de tratamiento químico de residuos peligrosos en donde una sustancia es separada desde la solución, o suspendida por un cambio químico o físico.

Reciclado	Es una de las alternativas utilizadas en la reducción del volumen de los residuos sólidos. Se trata de un proceso, que consiste básicamente en volver a utilizar materiales que fueron desechados y que aún son aptos para elaborar otros productos o refabricar los mismos.
Reciclaje	Término general para la reutilización de residuos, incluye la recuperación.
Recuperación	Proceso industrial cuyo objeto es el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos.
Residuo químico	Aquel material sólido, líquido, gaseoso o pastoso que es el resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo de compuestos, complejos y elementos químicos.
Reutilización	Introducción de un material recuperado en el ciclo de producción en que ha sido generado.
Toxicidad	Es el daño directo que se produce en cualquier ser vivo, como resultado de la acción de una sustancia química. Su efecto puede tomar formas variadas como enfermedad, deformidad, modificaciones de comportamiento, cambios en la reproducción, daño genético o muerte.
Vertedero	Lugar, conducto o depósito situado a nivel inferior por donde se vierte basura, residuos, escombros, etc.

RESUMEN

Para llevar a cabo la metodología enfocada en el tratamiento y eliminación de residuos generados en el laboratorio técnico del Ministerio de Energía y Minas, primero se hizo una clasificación y cuantificación de todos los residuos que se desechaban en cada una de las áreas del laboratorio. Dado a que los residuos generados dentro del área de hidrocarburos, no representan ningún problema para el laboratorio, ya que son utilizados como combustible en una planta industrial, el presente trabajo se enfocó en los residuos generados en las áreas de minerales y absorción atómica del laboratorio.

Para cuantificar y clasificar los residuos generados dentro de los laboratorios técnicos del MEM, se realizó un control diario de los métodos que se llevaban a cabo dentro del área de minerales. Esta cuantificación se realizó durante aproximadamente cinco meses, lo que permitió observar con claridad, cuáles son los métodos que más se aplican y por ende los que más generan residuos químicos; además, reveló las cantidades y el tipo de residuos que son desechados periódicamente en dicho laboratorio, los cuales son eliminados en su mayoría por el drenaje, luego de su neutralización.

Por otro lado, el proceso de cuantificación de residuos fue de utilidad para saber de aquellos residuos químicos que no estaban contemplados dentro del manual de tratamiento de desechos, con el que cuenta los laboratorios técnicos del MEM, por lo que a partir del presente trabajo, éstos serán incluidos y con ello se garantizará que antes de ser eliminados serán tratados debidamente.

Este Ejercicio Profesional Supervisado aporta a los laboratorios técnicos del MEM, un documento con el cual el lector ampliará sus conocimientos y experiencias sobre las técnicas de tratamiento y eliminación de desechos, los cuales se fundamentan en la seguridad de las personas encargadas de realizar la eliminación, como en la conciencia ecológica que debe existir en toda institución que desecha periódicamente residuos químicos. Por tal razón, la metodología de tratamiento de desechos debe ser un documento que se encuentre al alcance de todos los trabajadores del laboratorio, y sobre todo, debe ser un documento revisado y estudiado por cualquier nuevo integrante del equipo de técnicos, ya que son los encargados de realizar todos los análisis fisicoquímicos y de descartar cualquier residuo químico.

OBJETIVOS

◆ General

Documentar y complementar una metodología de tratamiento y eliminación de desechos generados dentro del laboratorio técnico del MEM.

◆ Específicos

1. Cuantificar los residuos generados dentro del laboratorio técnico del MEM.
2. Establecer los métodos más utilizados que generan residuos dentro del área de minerales en el laboratorio técnico del MEM.
3. Establecer y aplicar una metodología de tratamiento y eliminación de residuos generados en la determinación de azufre.
4. Complementar la metodología de tratamiento de desechos existente en el laboratorio técnico del MEM.
5. Elaborar un manual para el tratamiento de desechos provenientes de la determinación de azufre.
6. Contribuir con la educación ambiental y de seguridad en el personal que labora en el laboratorio técnico del MEM.

INTRODUCCIÓN

En los Laboratorios Técnicos del Ministerio de Energía y Minas se genera diariamente cierta cantidad de residuos químicos, debido a los análisis químicos que allí se realizan, para el control de calidad y caracterización de minerales, hidrocarburos y otros materiales.

El presente trabajo contiene en sus páginas preliminares el índice general y de ilustraciones, el glosario que describe concreta y brevemente algunos términos utilizados dentro del cuerpo del trabajo, los objetivos que se plantearon y el resumen que proporciona al lector una idea clara de lo que se hizo para alcanzar dichos objetivos.

El cuerpo del trabajo está conformado por cinco partes; la primera que se enfoca en los antecedentes de los laboratorios técnicos del Ministerio de Energía y Minas, la segunda formada por el marco teórico, el cual se enfoca básicamente en información considerada importante para la elaboración del trabajo, este marco teórico es referido a diferentes fuentes bibliográficas y de Internet; la tercera está enfocada en la metodología, los resultados y la discusión de resultados de la fase de investigación, la cual proporcionó las herramientas necesarias para la ejecución de manera satisfactoria del presente trabajo; la cuarta se enfoca en la metodología, resultados y discusión de resultados de la fase de servicio técnico profesional, que da a conocer la metodología documentada que fue entregada en los laboratorios técnicos del MEM; la quinta se enfoca en la metodología, resultados y discusión de resultados de la fase de enseñanza-aprendizaje.

Para la realización de la fase de enseñanza-aprendizaje se realizó una encuesta, la cual reveló el grado de conocimientos básicos sobre el manejo de residuos químicos de los técnicos que laboran dentro de laboratorios técnicos del Ministerio de Energía y Minas.

En los apartados finales del trabajo se tienen las conclusiones y recomendaciones que están vinculadas directamente con los objetivos, las referencias bibliográficas que fueron citadas dentro del cuerpo del trabajo, así como bibliografías que fueron consultadas; por último, se encuentran los apéndices y anexos como material de apoyo.

1. ANTECEDENTES

El Ministerio de Energía y Minas fue elevado a categoría de Ministerio el 1 de julio de 1983 a través del Decreto Ley 106-83, publicado en el Diario Oficial.

Al ministerio de energía y minas le concierne funciones relacionadas con los temas de la exploración, explotación, transformación, transporte y comercialización de los hidrocarburos, así como la exploración y explotación de minerales metálicos y no metálicos; por lo que para llegar a esta categoría se dieron dos momentos importantes: Por iniciativa del Organismo Ejecutivo, en 1978 se emitió el Decreto 57-78 del Congreso de la República, mediante el cual se creó la Secretaría de Minería, Hidrocarburos y Energía Nuclear, llamada por esa ley a conocer las actividades que dejaron de ser competencia del Ministerio de Economía. Posteriormente, en 1983 se emite el Decreto 86-83, mediante el cual se nombra Secretaría de Energía y Minas y se amplían al mismo tiempo sus funciones y atribuciones.

Dentro de las instalaciones del ministerio de energía y minas (ubicado en: Diagonal 17, 29-78 zona 11, "Las Charcas" Ciudad Guatemala), se encuentra el Laboratorios Técnico, que han formado parte por varias décadas del gobierno de Guatemala y tienen como finalidad apoyar a las direcciones del Ministerio, otras instituciones estatales, universidades, empresas o personas particulares en el control de calidad y caracterización de minerales, hidrocarburos y otros materiales, mediante un sistema de calidad basado en la norma ISO 17025.

El trabajo de los laboratorios del MEM es sumamente importante pues la calidad de los combustibles y lubricantes es un factor determinante para su uso y es dentro de estas instalaciones donde se analiza el petróleo, aceite combustible, gasolina, gasolina de avión, etc. que se importan y/o se producen y se distribuyen en el país.

Además los análisis aplicados a los minerales provenientes de las distintas regiones del país, determinan las concentraciones de los diferentes elementos químicos que se encuentran contenidos en estos y con ello se establece uso industrial o posible explotación.

2. MARCO TEÓRICO

En las últimas décadas el laboratorio técnico del MEM ha encaminado sus esfuerzos hacia la optimización de reacciones y procesos, con el fin de conseguir: mayor economía, mayor seguridad y menor cantidad de desechos.

Siguiendo estas pautas los esfuerzos de las diferentes disciplinas involucradas en la producción y el análisis de reactivos químicos y sus derivados pueden clasificarse en dos grupos:

- Obtención de producto que no presenten ningún riesgo para el medio ambiente.
- Eliminación de productos secundarios o de desecho.

Actualmente todos los involucrados en procesos y análisis químicos, se encuentran en la búsqueda de nuevos procesos o de mejoras sustanciales, lo que significa que se están generando desechos, que presentan riesgos de diferentes niveles para el hombre y para muchas especies que le acompañan. De modo que resulta de vital importancia conocer cual es el tratamiento adecuado que debe darse a un reactivo específico clasificado como desecho.

(3)

Dentro del laboratorio técnico del MEM, se manejan gran cantidad de productos y se efectúan diversas operaciones que conllevan a la generación de residuos, que en alguno de los casos son peligrosos para la salud y el medio ambiente.

Aunque el volumen de residuos que se generan en el laboratorio técnico del MEM es generalmente pequeño en relación al proveniente del sector industrial, no por ello debe ignorarse el problema. **(4)**

Unas adecuadas condiciones de trabajo en el laboratorio implican inevitablemente el control, tratamiento y eliminación de los residuos generados en el mismo, por lo que su gestión es un aspecto imprescindible en la organización de todo laboratorio. **(5)**

Otro punto a considerar es el de los derrames, que si bien tienen algunos aspectos coincidentes con los métodos de tratamiento para la eliminación de residuos, la actuación frente a ellos exige la consideración de otros factores como la rapidez de acción, aplicación de métodos de descontaminación adecuados, etc. Para una correcta realización de lo indicado anteriormente es aconsejable designar personas responsables, así como facilitar una completa información a todo el personal del laboratorio sobre estos temas. **(6)**

2.1 Definición de residuo químico

Material sólido, líquido, gaseoso o pastoso, que resulta como desecho de un proceso de producción en el campo industrial, análisis químico o biológico realizado dentro de un laboratorio o actividad doméstica. **(7)**

2.2 Clasificación de residuos químicos de laboratorio

El tipo de tratamiento y gestión de los residuos del laboratorio depende, entre otros factores, de las características y peligrosidad de los mismos, así como de la posibilidad de recuperación, de reutilización o de reciclado, que para ciertos productos resulta muy aconsejable. Si consideramos su peligrosidad se podría establecer la siguiente clasificación: **(8)**

2.2.1 Residuo químico peligroso

Son productos peligrosos en estado sólido, líquido o gaseoso que contienen sustancias que por su composición, son tóxicos, muy reactivos, irritantes, corrosivos, comburente, inflamables, explosivos, cancerígenos o mutagénicos; todos representan un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el medio ambiente. **(9)**

Los principales componentes que dan a los residuos que se generan en el Laboratorio Técnico del MEM su carácter peligroso son: metales pesados, compuestos orgánicos y compuestos inorgánicos.

Las actividades principales que generan este tipo de residuos en los Laboratorios técnicos del MEM son la minería, los análisis químicos realizados a los hidrocarburos y los análisis realizados por absorción atómica.

2.2.2 Residuo químico no peligroso

Sustancia o producto químico que por sus propiedades y características no representa ningún peligro para la salud y el medio ambiente. Pueden eliminarse mediante vertidos, directamente a las aguas residuales o a un vertedero. Si aún no considerándose peligrosos, son combustibles, se pueden utilizar como combustibles suplementarios, como ocurre, por ejemplo, con los aceites, que, si son "limpios", se pueden eliminar mezclándolos con combustibles; los aceites fuertemente contaminados, en cambio, deberán ser procesados en función de los contaminantes que contengan (metales, clorados, etc.). **(10)**

2.3 Factores a considerar para la eliminación de residuos

Los residuos generados en el laboratorio pueden tener características muy diferentes y producirse en cantidades variables, aspectos que inciden directamente en la elección del procedimiento para su eliminación. **(11)**

Entre otros, se pueden citar los siguientes factores:

- Volumen de residuos generados.
- Periodicidad de generación.
- Facilidad de neutralización.
- Posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización.
- Coste del tratamiento y de otras alternativas.
- Valoración del tiempo disponible.

Todos estos factores combinados deberán ser convenientemente valorados con el objeto de optar por un modelo de gestión de residuos adecuado y concreto. Además tenemos los siguientes factores a considerar para el tratamiento de todo residuo químico.

2.3.1 Sustancias incompatibles

La incompatibilidad se da cuando se mezclan sustancias de elevada afinidad cuya mezcla provocan reacciones inestables y violentas, tanto por calentamiento, como por emisión de gases inflamables o tóxicos. Es un aspecto sumamente importante a considerar para el almacenamiento de residuos químicos. **(12)**

Tabla I. Sustancias incompatibles de elevada afinidad

SUSTANCIAS	INCOMPATIBLE CON
Ácidos	Bases
Oxidantes	<ul style="list-style-type: none">▪ Nitratos, compuestos halogenados, óxidos, peróxidos y flúor.▪ Cualquier reductor.
Reductoras	Materiales inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquimetales, aluminio, magnesio y circonio en polvo.
Ácido Sulfúrico	Azúcar, celulosa, ácido perclórico, permanganato de potasio, cloratos y sulfocianuros.
Ácidos fuertes	<ul style="list-style-type: none">▪ bases fuertes▪ Ácidos débiles que desprendan gases tóxicos.

Fuente: www.mtas.es/insht/ntp/ntp_479.htm - 39k

2.3.2 Reactividad

Un residuo químico posee características de reactividad si posee las siguientes propiedades: **(13)**

- Normalmente es inestable y fácilmente tiene un cambio violento sin detonación.
- Cuando se mezcla con agua, reacciona violentamente, forma mezclas explosivas o genera gases tóxicos que presentan un peligro para la salud humana.
- Contiene cianuros o sulfuros que al exponerse a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5, generan gases tóxicos que presentan un peligro para la salud humana.
- Los ácidos pueden reaccionar peligrosamente con algunos reactivos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla II. Reacciones peligrosas de los ácidos

Ácido	Reacciona peligrosamente con	Desprenden
Clorhídrico	Sulfuros Hipocloritos Cianuros	Sulfuro de hidrógeno Cloro Cianuro de hidrógeno
Nítrico	Algunos metales	Dióxido de nitrógeno
Sulfúrico	Acido fórmico Acido oxálico Alcohol etílico Bromuro sódico Cianuro sódico Sulfocianuro sódico Ioduro de hidrógeno Algunos metales	Monóxido de carbono Monóxido de carbono Etano Bromo y dióxido de azufre Monóxido de carbono Sulfuro de carbonilo Sulfuro de hidrógeno Dióxido de azufre

Fuente: www.mtas.es/insht/ntp/ntp_479.htm - 39k

Existen compuestos que al tener contacto con el agua provocan reacciones violentas, estos debe ser manipulados con especial cuidado, tanto por algún aumento de temperatura, como por desprendimiento de gases o vapores inflamables o tóxicos, entre estos se encuentran los que muestra la siguiente tabla: **(14)**

Tabla III. Compuestos que reaccionan violentamente con el agua

Compuestos que reaccionan fuertemente con el agua	
1.	Ácidos fuertes anhidros
2.	Alquimetales y metaloides
3.	Amiduros
4.	Anhídridos
5.	Carburos
6.	Flúor
7.	Fosfuros
8.	Halogenuros de ácido
9.	Halogenuros de acilo
10.	Halogenuros inorgánicos anhídridos
11.	Hidróxidos alcalinos
12.	Metales alcalinos
13.	Óxidos alcalinos
14.	Peróxidos inorgánicos
15.	Hidruros

Fuente: www.mtas.es/insht/ntp/ntp_479.htm - 39k

Existen sustancias cuyo contacto con el aire o el oxígeno, generan al cabo de un tiempo lo que se conoce como Inflamación Espontánea. En algunos casos puede influir el nivel de humedad del aire, entre estos están: **(15)**

Tabla IV. Inflamación Espontánea

Compuestos que reaccionan fuertemente con el aire y el oxígeno
1. Alquimetales y metaloides
2. Arsinas
3. Boranos
4. Fosfinas
5. Fósforo blanco
6. Fosfuros
7. Hidruros
8. Metales carbonilados
9. Metales finamente divididos
10. Nitruros alcalinos
11. Silenos
12. Silicianuros

Fuente: www.mtas.es/insht/ntp/ntp_479.htm - 39k

2.3.3 Toxicidad

La toxicidad de las sustancias se puede mostrar en diferentes categorías. En la siguiente tabla se muestran las categorías X, A, B, C y D. La X representa la sustancia más tóxica, mientras que la D la menos tóxica. Las sustancias que tienen categoría más baja que la D se consideran no tóxicas. (16)

Tabla V. Categorías tóxicas

Categoría	Dosis letal oral en una rata LD ₅₀ (mg/l)	Dosis letal por inhalación en una rata LD ₅₀ (mg/l)	Dosis letal dérmica en un conejo LD ₅₀ (mg/l)
X	< 0.5	< 0.02	< 2.0
A	0.5 - 5	0.02 – 0.2	2 - 20
B	5 - 50	0.2 - 2	20 - 200
C	50 - 500	2 - 20	200 – 2,000
D	500 – 5,000	20 - 200	2,000 – 20,000

Fuente: www.udec.cl/sqrt/reglamento/reglresiduos.html - 91k

Existe una manera matemática para determinar si un residuo es tóxico, esta es la concentración equivalente (CE).

Para calcular la concentración equivalente (CE), se utiliza la ecuación siguiente, si su valor es mayor o igual que 0.001%, entonces la mezcla es un residuo tóxico. **(17)**

$$CE(\%) = \Sigma X\% + \frac{\Sigma A\%}{10} + \frac{\Sigma B\%}{100} + \frac{\Sigma C\%}{1,000} + \frac{\Sigma D\%}{10,000} \quad (1)$$

Donde:

CE= Concentración equivalente

$\Sigma X\%$ = concentración del compuesto más tóxico, presente en la mezcla.

$\Sigma A\%$, $\Sigma B\%$, $\Sigma C\%$, $\Sigma D\%$ = concentración de los compuestos menos tóxicos presentes en la mezcla.

X, A, B, C, D = Categorías tóxicas de las sustancias, basadas en dosis letales.

2.3.4 Efecto cancerígeno de compuestos químicos

El término se aplica con más frecuencia a sustancias químicas introducidas en el medio ambiente por la actividad humana. Los investigadores clasifican una sustancia como carcinógeno cuando al afectar a una población cuyos organismos no han sido expuestos a ella con anterioridad, hay un aumento significativo, según las estadísticas, de alguna forma de neoplasia (crecimiento celular anómalo). El reciente desarrollo de pruebas a corto plazo que emplean cultivos celulares de microorganismos se considera un avance muy importante en la investigación de los carcinógenos.

Durante la pasada década, las sustancias catalogadas de carcinógenos fueron los pesticidas DDT, kepona y EDB; la hormona sintética DES; el edulcorante artificial ciclamato; el asbesto, y una gran variedad de otras sustancias industriales y del medio ambiente. Los carcinógenos del tabaco siguen siendo todavía considerados la causa más importante de cáncer.

Una sustancia que contenga un residuo cancerígeno en una concentración mayor al 0.01% se le considera como compuesto cancerígeno. En la actualidad se conocen más sustancias que tienen diferentes efectos sobre todos los seres humanos, entre estos tenemos los que se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla VI. Efectos que producen algunas sustancias

Sustancia	Efecto sobre el ser humano	
	Cancerígeno	No cancerígeno
Plomo	Tumores en el riñón (pruebas de laboratorio)	Peso de nacimiento reducido, anemia, aumento de la tensión sanguínea, daños en el cerebro y riñones, deterioro del coeficiente intelectual, disminución de la capacidad de aprendizaje.
Arsénico (por inhalación)	Cáncer del pulmón	Daños en el hígado, fibrosis pulmonar, daños neurológicos.
Cadmio (por inhalación)	Cáncer del pulmón (prueba de laboratorio)	Daños en riñones, osteoporosis, anemia
Cromo (por inhalación)	Cáncer de pulmón	Bronquitis, daños en el hígado y riñones
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Cáncer de pulmón (por inhalación), estómago (por ingestión) y piel (por contacto epidérmico)	Daños en el hígado, dermatitis.
Benceno	Leucemia	Somnolencia, vértigo, dolores de cabeza, anemia, falta de inmunidad, fototoxicidad.
Compuestos orgánicos clorados	Cáncer de hígado (prueba de laboratorio)	Daños en el hígado, efectos neurológicos (pruebas de laboratorio)

Fuente: Lemus Godoy, Francisco Javier. **OPTIMIZACION DEL MANEJO DE RESIDUOS QUIMICOS DE LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS.** (Tesis de ingeniero químico. 1994) p.12

2.4 Procedimientos para la eliminación-recuperación de los residuos

Son varios y el que se apliquen unos u otros dependerá de los factores citados anteriormente, siendo generalmente los más utilizados, los siguientes: **(18)**

2.4.1 Vertido

Recomendable para residuos no peligrosos y peligrosos, una vez reducida ésta mediante neutralización o tratamiento adecuado. El vertido se puede realizar directamente a las aguas residuales o bien a un vertedero. Los vertederos deben estar preparados convenientemente para prevenir contaminaciones en la zona y preservar el medio ambiente.

2.4.2 Incineración

Los residuos son quemados en un horno y reducidos a cenizas. Es un método muy utilizado para eliminar residuos de tipo orgánico y material biológico. Debe controlarse la temperatura y la posible toxicidad de los humos producidos. La instalación de un incinerador sólo está justificada por un volumen importante de residuos a incinerar o por una especial peligrosidad de los mismos. En ciertos casos se pueden emplear las propias calderas disponibles en los edificios. **(19)**

2.4.3 Recuperación

Este procedimiento consiste en efectuar un tratamiento al residuo que permita recuperar algún o algunos elementos o sus compuestos que su elevado valor o toxicidad hace aconsejable no eliminar. Es un procedimiento especialmente indicado para los metales pesados y sus compuestos.

2.4.4 Reutilización - Reciclado

Una vez recuperado un compuesto, la solución ideal es su reutilización o reciclado, ya que la acumulación de productos químicos sin uso previsible en el laboratorio no es recomendable. El mercurio es un ejemplo claro en este sentido. En algunos casos, el reciclado puede tener lugar fuera del laboratorio, ya que el producto recuperado (igual o diferente del contaminante originalmente considerado) puede ser útil para otras actividades distintas de las del laboratorio. **(20)**

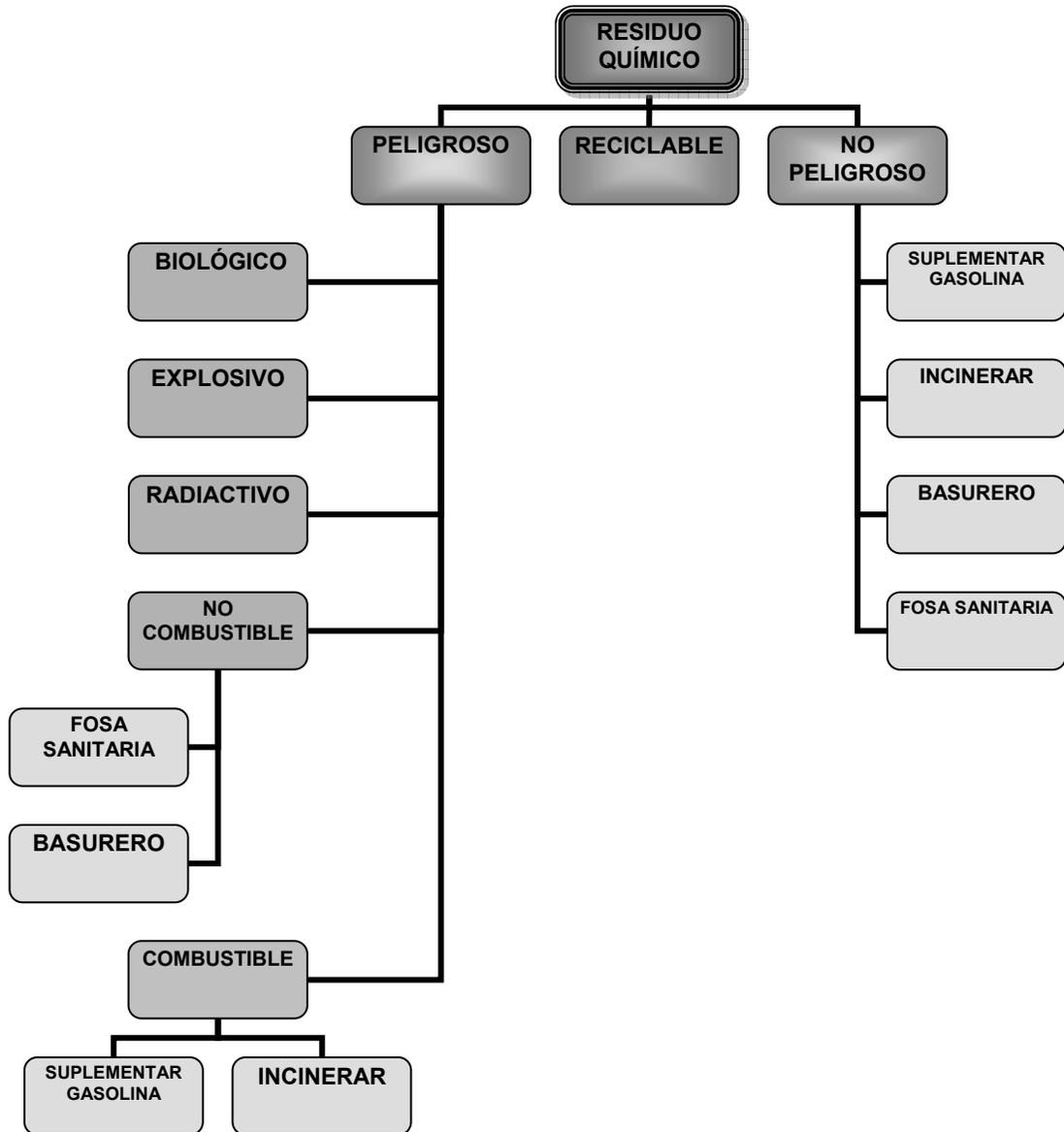
Para el tratamiento de residuos de laboratorio es recomendable:

- Considerar las disposiciones legales vigentes, tanto a nivel general, como local.
- Consultar las instrucciones al objeto de elegir el procedimiento adecuado.
- Informarse de las indicaciones de peligro y condiciones de manejo de las sustancias (frases R y S).

- No tirar al recipiente de basuras habitual (papeleras, etc.), trapos, papeles de filtro u otras materias impregnables o impregnadas.
- Retirarse los productos inflamables.
- Evitarse guardar botellas destapadas.
- Recuperarse en lo posible, los metales pesados.
- Neutralizar las sustancias antes de verterlas por los desagües y al efectuarlo, hacerlo con abundante agua.

En el siguiente diagrama **Figura 1** se observan tres aspectos fundamentales para decidir, cómo eliminar un residuo químico. En este diagrama se dividen a los residuos como peligrosos, no peligrosos y reciclables, lo que permite con claridad tener idea de manera sencilla de los lugares más adecuados para ser eliminados los residuos.

Figura 1. Tres factores a considerar para la eliminación de residuos químicos de laboratorio



Fuente: Committee on Hazardous Substances in the Laboratory. Prudent Practices for Disposal of Chemicals From Laboratories. National Academy Press. USA 1983. p. 3

2.5 Mecánica de funcionamiento para la recogida selectiva de residuos químicos

2.5.1 Tipos de envases

Para determinar el tipo de envase, etiquetado e identificación de los envases, se tendrá la siguiente clasificación de residuos químicos: **(21)**

Grupo I: Disolventes halogenados.

Grupo II: Disolventes no halogenados.

Grupo III: Disoluciones acuosas.

Grupo IV: Ácidos.

Grupo V: Aceites.

Grupo VI: Sólidos.

Grupo VII: Especiales.

Para el envasado y correspondiente separación de los residuos se emplean distintos tipos de recipientes, dependiendo del tipo de residuo y de la cantidad producida. La elección del tipo de envase también depende de cuestiones logísticas como la capacidad de almacenaje del laboratorio o centro. Algunos tipos de posibles envases a utilizar son los siguientes:

- Contenedores (garrafas) de polietileno de 5 ó 30 litros de capacidad. Se trata de polietileno de alta densidad resistente a la mayoría de productos químicos y los envases son aptos para los residuos, tanto sólidos como líquidos, de los grupos I a VII. También pueden emplearse envases originales procedentes de productos, siempre que estén correctamente etiquetados y marcados.
- Bidones de polietileno de 60 y 90 litros de capacidad y boca ancha, destinados al material desechable contaminado.
- Cajas estancas de polietileno con un fondo de producto absorbente, preparadas para el almacenamiento y transporte de reactivos obsoletos y otros productos especiales.
- Envases de seguridad, provistos de cortafuegos y compensación de presión, idóneos para productos muy inflamables (muy volátiles) o que desprendan malos olores.

En la utilización de envases de polietileno, es preciso tener en cuenta algunas recomendaciones, las más importantes son:

- Si el producto es bromoformo, sulfuro de carbono: No utilizar.
- Si el producto es diclorobenceno, bromo, bromobenceno, ácido butírico o benzoico: No utilizar en períodos de almacenaje superior a un mes.
- Si el producto es cloruro de amilo, cresoles, dietiléter, éter haluros de ácido, nitrobenzoceno, tricloroetano, tricloroetileno: No utilizar con el producto a temperaturas superiores a 40° C.

2.5.2 Etiquetado e identificación de los envases

Todo envase de residuos peligrosos debe estar correctamente etiquetado (indicación del contenido) e identificado (indicación del productor). La identificación incluye los datos de la empresa productora, la referencia concreta de la unidad (nombre, clave o similar), el nombre del responsable del residuo y las fechas de inicio y final de llenado del envase. El etiquetado permite una rápida identificación del residuo así como informar del riesgo asociado al mismo. **(22)**

Para los residuos de los grupos I al VII, además de la identificación completa del punto anterior, se utilizan etiquetas de distinto color (véase anexo 6).

El contenido de estas etiquetas debe cumplir con lo establecido en el RD 833/88 (además de lo especificado antes para los cancerígenos), incluyéndose lo siguiente:

- a. Pictogramas e indicaciones de peligro (véase anexo 3).
- b. Los riesgos específicos que correspondan mediante una o más frases R. (véase anexo 4).
- c. Los consejos de prudencia que correspondan mediante las frases S. (véase anexo 5).
- d. Un espacio en blanco donde se especifica el principal componente tóxico o peligroso del residuo.

2.5.3 Almacenamiento temporal

Desde el momento de la generación de un residuo hasta su eliminación, su almacenamiento en los distintos grupos es responsabilidad del productor, que debe llevarlo a cabo correctamente teniendo en cuenta tanto la normativa vigente en materia de residuos, que prohíbe almacenamientos de residuos en períodos superiores a seis meses, como la correspondiente al almacenamiento de productos químicos. En algunos casos, puede ser recomendable disponer de un local específico para el almacenamiento de los residuos que también debe cumplir las normativas existentes.

2.6 Medidas de seguridad para trabajar dentro de un laboratorio

Como cualquier lugar de trabajo, los laboratorios deben reunir unas condiciones, que si bien pueden variar notablemente en función de su finalidad, todos ellos deben estar acordes con lo dispuesto en normas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. **(23)**

2.6.1 Orden y limpieza

Un laboratorio limpio y ordenado significa disponer de lo necesario y en condiciones óptimas para desarrollar cualquier actividad en todo momento. Algunas directrices generales para mantener limpia y ordenada el área de trabajo en el laboratorio son:

- No sobrecargar las estanterías.
- Mantener siempre limpias, libres de obstáculos y debidamente señalizadas las escaleras y zonas de paso.
- No bloquear los extintores, mangueras y elementos de lucha contra incendios con cajas o mobiliario.
- No dejar objetos tirados por el suelo y evitar que se derramen líquidos por las mesas de trabajo y el piso.
- Colocar siempre los residuos y la basura en contenedores y recipientes adecuados.
- Recoger y guardar los frascos de reactivos, materiales y útiles de trabajo al acabar de utilizarlos.
- Limpiar, organizar y ordenar sobre la marcha, a medida que se realiza el trabajo.
- Limpiar, guardar y conservar correctamente el material y los equipos después de usarlos, de acuerdo con las instrucciones y los programas de mantenimiento establecidos.
- Desechar el material de vidrio roto o con fisuras en el contenedor apropiado.

2.6.2 Temperatura, humedad y ventilación

La exposición de los trabajadores a las condiciones ambientales de los laboratorios en general no debe suponer un riesgo para su seguridad y salud, ni debe ser una fuente de incomodidad o molestia. Deben evitarse:

- Humedad y temperaturas extremas.
- Cambios bruscos de temperatura.
- Corrientes de aire molestas.

- Olores desagradables.

2.6.3 Recomendaciones de carácter personal

- No ingerir alimentos ni bebidas durante la permanencia en el laboratorio.
- Debe establecerse la prohibición expresa de fumar.
- No pipetear con la boca.
- No usar prendas sueltas ni objetos colgantes y llevar el pelo recogido.
- Es recomendable lavarse siempre las manos al término de una operación y antes de abandonar el laboratorio.

2.6.4 Recomendaciones de trabajo

- Comprobar siempre el etiquetado de frascos de reactivos, recipientes y botellas.
- Etiquetar adecuadamente los productos preparados en el laboratorio.
- No reutilizar envases para otros productos ni sobreponer etiquetas.
- Utilizar la cantidad mínima precisa de reactivos.
- Se debe trabajar en la campana de extracción, siempre que sea posible.
- Cuando sea necesario trasvasar líquidos, hacerlo con cantidades pequeñas, evitando salpicaduras y derrames.
- Al término de una operación, desconectar los aparatos, cerrar los servicios de agua y gas, limpiar los materiales y equipos, y recogerlos ordenadamente en los lugares destinados al efecto, así como los reactivos.

- Revisar periódicamente el estado de las instalaciones de protección colectiva (campanas de gases, duchas y lavaojos de emergencia, así como el estado de los desagües). **(24)**

3. FASE DE INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología

Para la cuantificación de residuos generados en los laboratorios técnicos del Ministerio de energía y minas, se llevó un registro durante aproximadamente 5 meses, anotándose diariamente:

- Los métodos aplicados en el área de minerales.
- Los volúmenes de residuos generados por cada uno de los métodos que se llevaban a cabo.
- El tipo de residuo generado por cada uno de los métodos realizados.

Para establecer cuales son los métodos más utilizados y por ende los que generan con mayor frecuencia residuos químicos dentro de los laboratorios técnicos del MEM, se revisaron los cuadros de control utilizados para la cuantificación de los mismos. Con esta base de datos se determinó con claridad cuales eran los que más se realizaban y la cantidad total de residuo generado en cada uno de ellos durante los 5 meses.

3.2 Resultados

La metodología a seguir para eliminar los residuos que se generan dentro del laboratorio técnico del MEM, fue determinada básicamente por las características físicas y químicas del residuo por eliminar. **(25, 26)**

➤ Cuando se realizan análisis por absorción atómica, se obtiene como residuo una mezcla de soluciones ácidas, el procedimiento a seguir para su eliminación es:

- a) Reunir todos los residuos en un beacker de tamaño adecuado.
- b) Dividir en porciones de aproximadamente 1000 mL
- c) Neutralizar con óxido de calcio, agregando lentamente las porciones de solución
- d) Esperar aproximadamente 30 min. Para que termine la reacción.
- e) Agregarle agua de grifo en exceso.
- f) Verificar su pH, antes de ser eliminada por el drenaje

➤ Si se tiene como residuo una mezcla básica, al aplicar el método de carbonatos, la eliminación se realiza con los pasos siguientes:

- a) Diluir la solución con un exceso de agua
- b) Neutralizar un ácido sulfúrico
- c) Verificar el pH de la solución, antes de ser eliminado por el drenaje.

➤ Si el residuo es mezcla ácida que contenga plomo, la eliminación se realiza con los siguiente pasos:

- a) Agregar ácido sulfúrico para obtener un precipitado
- b) Filtrar
- c) Incinerar el material capturado en el papel filtro

d) Agregar óxido de calcio en polvo y agua en exceso al filtrado

e) Verificar su pH, antes de ser eliminado por el desagüe

➤ Si se aplica el método para la determinación de oro y plata por absorción atómica, se tienen como residuos una mezcla de soluciones ácidas y el compuesto orgánico Metil Isobutil Cetona, Hexanona (mibk), los pasos a seguir son los siguientes:

a) Reunir todos los residuos en un beacker de tamaño adecuado.

b) Dividir en porciones de aproximadamente 1000 mL y colocarlas en ampollas de decantación, agitándolas suavemente.

c) Esperar aproximadamente 20 min. Para que se separen las dos fases.

d) Decantar la parte ácida.

g) Repetir los incisos anteriores las veces necesarias para poder obtener el mibk (Metil Isobutil Cetona, Hexanona).

h) Evaporar el compuesto orgánico lentamente dentro de la campana.

e) La mezcla ácida debe ser tratada y eliminada como se indico anteriormente.

- ❖ La cuantificación de los residuos generados en el área de minerales del laboratorio técnico del MEM, se observan en la **Tabla VII, Tabla VIII y Tabla IX.**
- ❖ Los métodos más utilizados en el área de minerales del laboratorio técnico del MEM, se observan en la **Tabla X** Donde se encuentran en el orden correspondiente a su aplicación.
- ❖ El resumen de las cantidades de residuos del laboratorio técnico del MEM, se observan en la **Tabla XI.**

Tabla VII. Resultado de la cuantificación de residuos generados en los laboratorios técnicos del MEM (Del 25 de abril al 26 de mayo)

CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS GENERADOS							SE APLICA	ANALISTA
No.	MÉTODO	FECHA	CANTIDAD SEMANAL	TIPO DE RESIDUO	MÉTODO DE TRATAMIENTO DE DESECHO			
1	MET. PARA DETER. ORO EN MINERALES (A.A)	25 – 28 ABRIL	2000 mL 2 g	Mezcla ácida y orgánica De mercurio	No. 1	Si	Alfredo Gutiérrez	
2	MET. ANAL. PARA DET. DE CARBONATOS	2 – 5 MAYO	1600 mL 600 mL	Mezcla ácida Mezcla básica	No. 3	Si	Luis Jeréz	
3	MET. DE CRISOLES DE GRAFITO PARA TRAT. PREVIOS AL A.A.	2 – 5 MAYO	400 mL	Mezcla ácida	No. 4	Si	Alfredo Gutiérrez	
4	MET. ANAL. PARA DETERM. DE AZUFRE EN MINERALES	15-19 MAYO	400 mL	Mezcla ácida			Alfredo Gutiérrez	
5	MET. ANAL. PARA DET. DE CARBONATOS	15-19 MAYO	1500 mL 600 mL	Mezcla ácida Mezcla básica	No. 3	Si	Alfredo Gutiérrez	
6	MET. ANAL. PARA DET. DE HIERRO EN MINERALES	15-19 MAYO	350 mL 200 mL 2 g	Mezcla ácida Mezcla básica Mercurio	No. 5	Si	Alfredo Gutiérrez	
7	MET. ANAL. PARA DETERM. DE AZUFRE EN ESTIBNITAS	15-19 MAYO	300 mL	Mezcla ácida			Alfredo Gutiérrez	
8	MET. PARA DETER. ORO EN MINERALES (A.A)	15-19 MAYO	2000 mL	Mezcla ácida y orgánica	No. 1	Si	Alfredo Gutiérrez	
9	MET. ANAL. PARA DET. DE CARBONATOS	22-26 MAYO	1600 mL 800 mL	Mezcla ácida Mezcla básica	No. 3	Si	Alfredo Gutiérrez	
MET. = MÉTODO ANAL. = ANALÍTICO DETER. = DETERMINACIÓN A.A. = ABSORCIÓN ATÓMICA							TRATAM. = TRATAMIENTO (No.1) = DEL MÉTODO SEGÚN EL MANUAL DE TRATAMIENTO DE DESCHOS	

Fuente: Aplicación de métodos y procedimientos de minerales. Laboratorios Técnicos del MEM.

Tabla VIII. Resultado de la cuantificación de residuos generados en los laboratorios técnicos del MEM (Del 22 de mayo al 2 de agosto)

CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS GENERADOS								ANALISTA
No.	MÉTODO	FECHA	CANTIDAD SEMANAL	TIPO DE RESIDUO	MÉTODO DE TRATAMIENTO DE DESECHO	SE APLICA		
10	MET. DE CRISOLES DE GRAFITO PARA TRAT. PREVIOS AL A.A.	22-26 MAYO	1000 mL	Mezcla ácida	No. 4	Si		Alfredo Gutiérrez
11	MET. DE CRISOLES DE GRAFITO PARA TRAT. PREVIOS AL A.A.	5 - 9 JUNIO	1000 mL	Mezcla ácida	No. 4	Si		Alfredo Gutiérrez
12	MET. PARA DETER. ORO EN MINERALES (A.A.)	26-30 JUNIO	2000 mL	Mezcla ácida y orgánica	No. 1	Si		Alfredo Gutiérrez
13	MET. ANAL. PARA DET. DE CARBONATOS	3 - 7 JULIO	1500 mL 500 mL	Mezcla ácida Mezcla básica	No. 3	Si		Alfredo Gutiérrez
14	MET. ANAL. PARA DET. DE CARBONATOS	10-14 JULIO	1500 mL 600 mL	Mezcla ácida Mezcla básica	No. 3	Si		Alfredo Gutiérrez
15	MET. ANAL. PARA DET. DE CARBONATOS	17-21 JULIO	1200 mL 600 mL	Mezcla ácida Mezcla básica	No. 3	Si		Alfredo Gutiérrez
16	MET. ANAL. PARA DET. DE CARBONATOS	31 JULIO-2 AGOSTO	1100 mL 1000 mL	Mezcla ácida Mezcla básica	No. 3	Si		Alfredo Gutiérrez
17	MET. ANAL. PARA DET. DE HIERRO EN MINERALES	31 JULIO-2 AGOSTO	500 mL 400 mL 2 g	Mezcla ácida Mezcla básica Mercurio	No. 5	Si		Alfredo Gutiérrez
18	MET. DE CRISOLES DE GRAFITO PARA TRAT. PREVIOS AL A.A.	31 JULIO-2 AGOSTO	400 mL	Mezcla ácida	No. 4	Si		Alfredo Gutiérrez
MET. = MÉTODO ANAL. = ANALÍTICO DETER. = DETERMINACIÓN A.A. = ABSORCIÓN ATÓMICA TRATAM. = TRATAMIENTO (No.1) = DEL MÉTODO SEGÚN EL MANUAL DE TRATAMIENTO DE DESCHOS								

Fuente: Aplicación de métodos y procedimientos de minerales. Laboratorios Técnicos del MEM.

Tabla X. Resultados de los métodos más aplicados en los laboratorios técnicos del MEM

MÉTODOS MÁS UTILIZADOS EN EL ÁREA DE MINERALES DEL LABORATORIO TÉCNICO DEL MEM	
1	MÉTODO ANALÍTICO CUANTITATIVO PARA EL ANÁLISIS DE CARBONATOS (Método Interno)
2	MÉTODO DE ANÁLISIS DE HIERRO EN MINERALES, NSA-303
3	MÉTODO DE CRISOLES DE GRAFITO PARA EL TRATAMIENTO DE MUESTRAS PREVIO AL ANÁLISIS DE ELEMENTOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA
4	MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE ORO EN MINERALES (Extracción con MIBK y absorción atómica)
5	MÉTODO ANALÍTICO CUANTITATIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE AZUFRE EN ESTIBNITAS
6	MÉTODO ANALÍTICO CUANTITATIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE AZUFRE EN MINERALES (Método de clorato)

Fuente: Tablas de resultados de la cuantificación de residuos generados en los laboratorios técnicos del MEM.

Tabla XI. Resumen del volumen de residuos eliminados en los laboratorios técnicos del MEM

No.	MÉTODO	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD TOTAL DE RESIDUOS ELIMINADOS (mL)
1	MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE ORO EN MINERALES (Extracción con MIBK y absorción atómica)	- Mezcla ácida - Compuesto orgánico	6,000
2	MÉTODO ANALITICO CUANTITATIVO PARA EL ANÁLISIS DE CARBONATOS (Método Interno)	- Mezcla ácida - Mezcla básica	10,000 5,000
3	MÉTODO DE CRISOLES DE GRAFITO PARA EL TRATAMIENTO DE MUESTRAS PREVIO AL ANÁLISIS DE ELEMENTOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA	Mezcla ácida	8,400
4	MÉTODO ANALÍTICO CUANTITATIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE AZUFRE EN ESTIBNITAS	Mezcla ácida	400
5	MÉTODO DE ANÁLISIS DE HIERRO EN MINERALES, NSA-303	- Mezcla ácida - Mezcla básica - Mercurio	2050 1200 6 gr.
6	MÉTODO ANALÍTICO CUANTITATIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE AZUFRE EN MINERALES (Método de clorato)	Mezcla ácida	1800

Fuente: Tablas de resultados de la cuantificación de residuos generados en los laboratorios técnicos del MEM.

3.3 Discusión de resultados

Para cuantificar y clasificar los desechos generados dentro del laboratorio técnico del MEM, primero se observaron los análisis químicos realizados dentro del mismo.

Se pudo observar desde el principio que los residuos generados en el área de hidrocarburos no representaban ningún problema para el laboratorio, ya que estos son almacenados dentro de unos barriles para posteriormente ser utilizados en otra industria como combustible.

Por esta razón el presente trabajo supervisado se enfocó en el área de minerales donde se generan residuos que deben ser tratados y eliminados adecuadamente para que no representen ningún riesgo para la salud, la infraestructura y el medioambiente.

La cuantificación de residuos generados, los métodos que más se aplican y las cantidades de residuos se observan claramente en las **Tablas VII, VIII, IX, X y XI** respectivamente, las cuales permiten ver con claridad que en dicho laboratorio la mayor parte del residuo generado es una mezcla ácida.

Es muy importante que los procedimientos dados en los manuales del laboratorio se fundamenten en métodos ASTM, ya que los residuos que se generan tienen muy poca concentración de elementos peligrosos y esto facilita el trabajo de eliminación.

Durante el período comprendido del 24 de abril al 1 de septiembre del 2006, la mayor cantidad de residuos que se generaron y eliminaron en los laboratorios técnicos del MEM, son mezclas ácidas producidas al realizar la determinación de oro, hierro y azufre; con un volumen total aproximado de 30,000 mL.

El método más utilizado y el que produjo mayor volumen de residuos durante el período comprendido del 24 de abril al 1 de septiembre del 2006, fue el método analítico para el análisis de carbonatos, el cual se realiza para determinar calcio, magnesio, hierro, aluminio y sílice en carbonatos. Este produjo como residuos un volumen aproximado de 10,000 mL de mezcla ácida y 5,000 mL de mezcla básica. Dichos residuos antes de ser eliminados debían ser neutralizados dentro de la campana de extracción, hasta obtener un pH cercano 7 y lavados con agua en exceso para evitar que ocasionaran cualquier daño a la salud, infraestructura y medio ambiente.

El segundo método en generar el mayor volumen de residuo es el método de crisoles de grafito para el tratamiento de muestras previo al análisis de elementos por absorción atómica, que produjo un volumen aproximado de 8,500 mL de mezcla ácida. Este se basa en la fundición de la muestra para poder ser analizada con el equipo de absorción atómica. Los residuos deben ser neutralizados dentro de la campana de extracción con óxido de calcio y lavada con agua en exceso para evitar que al eliminarse dañe la infraestructura del laboratorio o el medio ambiente.

4. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

4.1 Metodología

Para elaborar el manual de tratamiento de desechos que se generan en la determinación de azufre, fue necesario tomar como base toda la información obtenida durante la fase de investigación y realizar las acciones siguientes:

- ✓ Revisar el manual de métodos y procedimientos del área de minerales, para conocer como se realiza la determinación de azufre en minerales y en estibnitas.
- ✓ Aplicar los métodos de determinación de azufre.
- ✓ Anotar datos necesarios para la elaboración del manual: Fecha en que se realiza el procedimiento, normas de seguridad, reactivos utilizados, material y equipo necesario, observaciones generales de la muestra inicial y cambios que esta sufre durante el proceso.
- ✓ Cuantificar residuos generados en la aplicación de cada uno de los métodos utilizados para determinar azufre.
- ✓ Anotar características del residuo generado en la determinación de azufre (pH, color, volumen, etc.).
- ✓ Consultar diferentes fuentes de información (bibliográficas, Internet, personas expertas en la materia, etc.) para realizar el contenido del manual.

- ✓ Elaborar el manual de tratamiento de desechos provenientes de los métodos de determinación de azufre.

4.2 resultados

Manual de tratamiento de desechos generados en la determinación de azufre, dentro del área de minerales de los laboratorios técnicos del Ministerio de Energía y Minas.

❖ **Procedimiento para el tratamiento de desechos del método analítico cuantitativo para determinación de azufre en minerales (método de cloratos)**

● Normas de Seguridad

El tratamiento de desechos de cualquier método de análisis químico será necesario realizarlo con todas las medidas de seguridad disponibles, también es necesario que la ejecución sea realizada por personas capacitadas para dicho fin.

La neutralización de la mezcla ácida con el óxido de calcio deberá realizarse dentro de una campana de extracción en buen estado, utilizando a la altura adecuada la pantalla protectora.

La persona que realiza el tratamiento y eliminación de cualquier desecho químico deberá utilizar el equipo de protección personal adecuado y necesario para dicho fin:

- Bata
- Lentes de Seguridad
- Mascarilla con filtros para solventes ácidos

- Guantes desechables

● Generalidades:

El presente método es utilizado para la determinación de azufre en minerales. Este inicia con la descomposición la muestra a través de digestiones con ácido nítrico, HNO_3 , y con clorato de potasio, KClO_3 , (el cual requiere precauciones adicionales al utilizarlo debido a su carácter explosivo). Continuando con la adición de Cloruro de bario, BaCl_2 al 10%, con el cual se precipita el azufre en forma de sulfato con el bario, BaSO_4 ; dicha sal es insoluble y puede ser capturada en una filtración, siendo después incinerada para por último encontrar gravimétricamente el porcentaje de azufre. Como desecho final se obtendrá una mezcla ácida, la cual puede contener cloruros que formen sales no tóxicas. Este desecho tendrá que ser neutralizado por medio de una solución alcalina (básica), corroborando que el pH sea o este próximo a 7, para luego desecharse por el drenaje.

● Reactivos involucrados en el método

- 3.1 Acido nítrico, HNO_3 , g.e (60F/60F) 1.423
- 3.2 Acido clorhídrico, HCl , g.e (60F/60F) 1.19
- 3.3 Naranja de metilo, indicador
- 3.4 Hidróxido de amonio, NH_4OH , grado reactivo (GR), g.e 0.90
- 3.5 Cloruro de bario, BaCl_2 , al 10% (100g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ /L de agua)
- 3.6 Clorato de potasio, KClO_3
- 3.7 Agua destilada

● **Material y equipo**

- 4.1 Campana de extracción
- 4.2 Embudo de Vidrio
- 4.3 Espátula grande
- 4.4 Soportes para filtrar
- 4.5 Papel pH
- 4.6 Beacker de 400 ml
- 4.7 Crisoles de porcelana
- 4.8 Piceta de polietileno con agua destilada
- 4.9 Mufla eléctrica
- 4.10 Agua de grifo

● **Procedimiento**

- 5.1 Colocar dentro de una campana de extracción el recipiente plástico utilizado para neutralización y agregarle óxido de calcio.
- 5.2 Neutralizar los desechos ácidos dentro del recipiente que contiene el óxido de calcio (realizarlo lentamente para evitar reacciones violentas que causen salpicadura).
- 5.3 Aislar el recipiente durante aproximadamente 30 minutos dentro de la campana de extracción.
- 5.4 Medir el pH de la solución, al detenerse la reacción.
- 5.5 Si el pH esta entre los valores de 6 a 8, trasladar el recipiente a la pila y abrir sobre este el grifo.
- 5.6 Dejar abierto el grifo durante aproximadamente 15 minutos, para que la solución neutralizada, sea lavada.
- 5.7 Limpiar el área de trabajo, lavar, secar y guardar la cristalería y el recipiente utilizado en el proceso de neutralización.

❖ **Procedimiento para el tratamiento de desechos del análisis de azufre por el método en estibnitas**

● **Normas de Seguridad**

El tratamiento de desechos de cualquier método de análisis químico será necesario realizarlo con todas las medidas de seguridad disponibles, también es necesario que la ejecución sea realizada por personas capacitadas para dicho fin.

La neutralización de la mezcla ácida con el óxido de calcio deberá realizarse dentro de una campana de extracción en buen estado, utilizando a la altura adecuada la pantalla protectora.

La persona que realiza el tratamiento y eliminación de cualquier desecho químico deberá utilizar el equipo de protección personal adecuado y necesario para dicho fin:

- Bata
- Lentes de Seguridad
- Mascarilla con filtros para solventes ácidos
- Guantes desechables

● **Generalidades:**

El tratamiento de desechos de cualquier método de análisis químico será necesario realizarlo con todas las medidas de seguridad disponibles, también es necesario que la ejecución sea realizada por personas capacitadas para dicho fin.

El método analítico cuantitativo para la determinación de azufre en estibnitas, es utilizado en minerales de antimonio. Este se base en la fundición lenta a fuego directo de la muestra con peróxido de sodio, Na_2O_2 y carbonato de sodio, Na_2CO_3 . Al aplicarse dicho método, se obtiene en su primera fase un precipitado capturado en papel filtro; este capturado compuesto por cenizas de elementos contaminantes, los cuales no representan un riesgo para la salud ni para el medio ambiente pueden simplemente ser descartando o en el mejor de los casos ser incinerados y las cenizas desechas, antes de su descarte. En su segunda fase del método se obtiene un floculo compuesto de metales tales como hierro (Fe), aluminio(Al), zinc (Zn), los cuales son capturados durante una segunda filtración, este capturado (acomplejamiento), se encontrará en medio básico, debiéndose ser neutralizado con una solución ácida diluida; el filtrado debe ser secado y después eliminado.

Como desecho final se obtendrá una mezcla ácida, la cual puede contener cloruros que formen sales no tóxicas. Este desecho que es acuoso tendrá que ser neutralizado por medio de una solución alcalina (básica), dicha sustancia tendrá que interactuar con el desecho de forma gradual (para no alcalinizar la solución), el pH de dicha solución será medido al observar que la reacción se detiene corroborando que su valor sea o este próximo a 7, para luego desecharse por el drenaje.

● **Reactivos involucrados en el método**

3.1 Carbonato de sodio anhidro, Na_2CO_3

3.2 Ácido clorhídrico, HCl, g.e (60F/60F) 1.19, solución 1+1

3.3 Naranja de metilo, indicador

3.4 Peróxido de sodio, Na_2O_2

3.5 Cloruro de amonio, NH_4Cl

3.6 Cloruro de bario, BaCl_2 solución al 10%

3.7 Agua destilada

● **Material y equipo necesarios para la eliminación de desechos**

- 4.1 Recipiente plástico de 5 galones, para neutralizar
- 4.2 Óxido de calcio en polvo
- 4.3 Campana de extracción
- 4.4 Beakers de 400 ml
- 4.5 Papel pH
- 4.6 Mufla eléctrica
- 4.7 Estufa eléctrica
- 4.8 Espátula grande
- 4.9 Crisoles de porcelana
- 4.10 Embudo de vidrio
- 4.11 Soporte para filtrar
- 4.12 Piceta de polietileno con agua destilada
- 4.13 Agua de grifo

● **Procedimiento de eliminación de desechos**

- 5.1 Colocar dentro de una campana de extracción el recipiente plástico utilizado para neutralización y agregarle óxido de calcio.
- 5.2 Neutralizar los desechos ácidos dentro del recipiente que contiene el óxido de calcio (realizarlo lentamente para evitar reacciones violentas que causen salpicadura).
- 5.3 Aislar el recipiente durante aproximadamente 30 minutos dentro de la campana de extracción.
- 5.4 Medir el pH de la solución, al detenerse la reacción.
- 5.5 Si el pH está entre los valores de 6 a 8, trasladar el recipiente a la pila y abrir sobre este el grifo.

5.6 Dejar abierto el grifo durante aproximadamente 15 minutos, para que la solución neutralizada, sea lavada.

5.7 Limpiar el área de trabajo, lavar, secar y guardar la cristalería y el recipiente utilizado en el proceso de neutralización.

Para llevar el control de los residuos químicos generados se realizaron las siguientes tablas.

Tabla XII. Control de las principales características de los residuos generados en el laboratorio técnico del MEM

		RESIDUO GENERADO			
FECHA	METODO	VOLUMEN	pH	COLOR	ANALISTA

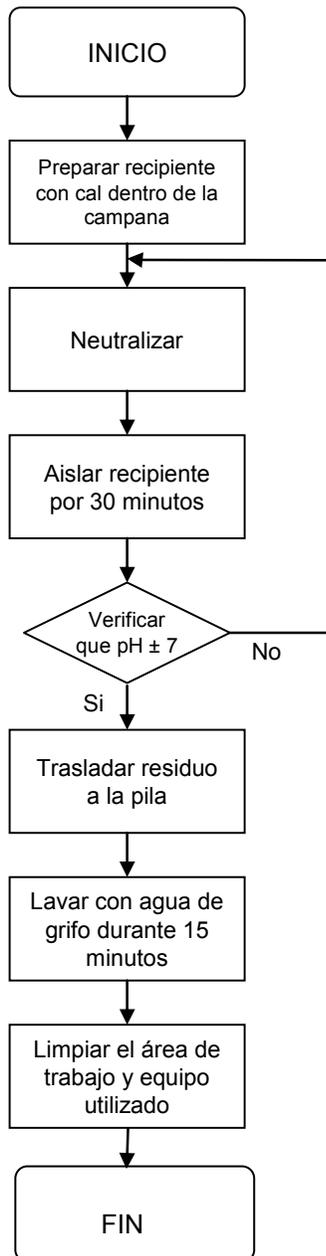
Tabla XIII. Control para realizar la cuantificación de residuos generados en el laboratorio técnico del MEM

No.	Método	Fecha	Cantidad Semanal	Tipo de residuo	Existe método para el tratamiento de desechos	Se aplica	Analista

Tabla XIV. Resumen mensual de los métodos más aplicados y de la cuantificación de residuos generados en el laboratorio técnico del MEM del MEM

No.	Método	Cantidad de aplicaciones durante 1 mes	Tipo de residuo	Volumen total de residuo generado

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de eliminación de los residuos generados en la determinación de azufre en estibnitas y en minerales



Fuente: Manual de tratamientos de desechos provenientes de la determinación de azufre del laboratorio técnico del MEM. p. 3, 6.

4.3 Discusión de resultados

Durante las últimas décadas, ha surgido una gran preocupación ambiental y de salud por los problemas que originan los residuos químicos, esto nos obliga a encarar problemas de contaminación del medio ambiente y sus efectos adversos en la salud de los seres humanos. Para lograr un manejo adecuado de los residuos químicos toda entidad que los produzca, debe contar con manuales de tratamiento de eliminación de desechos que se enfoquen básicamente en el control, manipulación, almacenamiento, transporte y destino o tratamiento final de cada uno de ellos.

Luego de revisar el manual de tratamiento de desechos con el que cuenta el laboratorio técnico del ministerio de energía y minas, se pudo constatar que en este documento no estaban contemplados los residuos que se generan al aplicar los métodos que determinan azufre. Por tal razón se realizó el manual enfocado en el tratamiento de estos desechos, ya que es sumamente importante para el laboratorio contar con una metodología completa de tratamiento de desechos.

El tener una metodología enfocada en el tratamiento y eliminación de desechos, la cual contemple todos los residuos que se generan dentro del laboratorio, evitará cualquier riesgo ambiental o accidentes ocasionados por el manejo inadecuado de residuos químicos, estos sin lugar a dudas pueden afectar a la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas.

Para realizar el manual de tratamientos de desechos generados en la determinación de azufre fue necesario conocer como se realiza y el tipo de residuo que se genera. Al llevarse a cabo el método analítico para determinar azufre en minerales se obtuvo un residuo formado por una mezcla ácida ya que al tomar el valor de su pH dio como resultado un valor aproximado de 1.2, teniendo además una tonalidad rosada. La cantidad de residuo generado en cada corrida de este método es aproximadamente de 500 mL y su eliminación debe de realizarse con sumo cuidado, ya que en la solución se encuentra ácido nítrico que cuenta con alto grado de peligrosidad y con clorato de potasio que es sumamente explosivo.

Al neutralizar lentamente el residuo con óxido de calcio en polvo, dentro de la campana se observó que la reacción libero muchos gases y su tonalidad desapareció, luego de varios minutos al parar la reacción se llevo a la pila y se abrió sobre este el agua de grifo lo que ayudó a que el residuo que llegara al drenaje no causara daño alguno.

En el caso del Método analítico para la determinación de azufre en estibnitas produce además de la mezcla ácida final, residuos capturados en papel filtro, el cual debe ser incinerado, para con ello garantizar que estos no ocasionen ningún daño. La mezcla ácida se eliminó de igual manera.

Para determinar el método más adecuado para eliminar dichos residuos se consideraron los recursos con los que cuenta el laboratorio y con ello evitar gastos innecesarios.

5. FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

5.1 Metodología

- ✓ Una vez terminado el documento que complementó el manual de tratamiento de desechos del laboratorio técnico del MEM, se le dio a conocer su contenido a la Ingeniera que tiene a su cargo dicho laboratorio para obtener su visto bueno y aprobación; luego se le dio a conocer al encargado del área de minerales.

- ✓ Por último para realizar la presente fase fue necesario realizar una encuesta y una plática, dirigida a los técnicos que laboran en el laboratorio técnico del MEM, con el fin de ayudar a la educación respecto a la seguridad, el control y el manejo adecuado de todos los residuos químicos.

ENCUESTA SOBRE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS

1. ¿Cuál es su cargo?
2. ¿En qué área del laboratorio trabaja?
3. ¿Qué análisis realiza?
4. ¿Sabe qué es un residuo químico?
5. ¿Su trabajo produce residuos químicos? Si No

Si su respuesta es Si conteste las siguientes preguntas:

6. ¿Qué tipo de residuo químico genera su trabajo?
7. ¿Cómo elimina sus residuos químicos?
8. ¿Almacena algún tipo de residuo químico?
9. ¿Utiliza su equipo de seguridad para eliminar sus residuos químicos?
10. ¿Sabía ud. Que en su trabajo existe un manual de tratamiento de desechos?

¡Gracias por su colaboración!

Esta encuesta fue dirigida a los técnicos que realizan los análisis dentro de los laboratorios técnicos del MEM. Con el fin de evaluar el grado de conocimiento sobre los residuos químicos que generan y la manera en que los descartan.

5.2 Resultados

Los resultados proyectados por la encuesta realizada a los técnicos que laboran dentro del laboratorio técnico del ministerio de energía y minas, demuestran que tienen ideas claras sobre la importancia de un buen control, manejo y eliminación de cualquier residuo químico, ya que en su mayoría son estudiantes de ingeniería química y por ende conocen y aplican sus conocimientos dentro de su medio laboral; esto sin lugar a dudas debe de ser motivo de satisfacción y seguridad para las autoridades del laboratorio.

5.3 Discusión de resultados

La encuesta que se hizo a 6 técnicos, determinó que el 95% sabían sobre los residuos químicos y la importancia de un adecuado tratamiento de eliminación.

En algunos casos los técnicos que laboran en el laboratorio consideran poco peligrosos los residuos generados, porque estos han pasado por muchos procesos en los cuales el grado de concentración de los elementos tóxicos han disminuido considerablemente.

Por otro lado, algunos de los trabajadores no sabían sobre la existencia del manual de tratamiento de desechos.

CONCLUSIONES

1. Para documentar cualquier metodología de tratamiento de residuos químicos es necesario tomar en cuenta todas las propiedades fisicoquímicas de los reactivos, los procesos y el tipo de residuo que generen.
2. Los residuos químicos más generados en el área de minerales del laboratorio técnico del MEM, son mezclas ácidas, mezclas básicas, mibk (Metil Isobutil Cetona, Hexanona), residuos de mercurio y plomo capturados en papel filtro.
3. El tratamiento y eliminación de desechos de cualquier método de análisis químico es necesario realizarlo con todas las medidas de seguridad y, por personas capacitadas para dicho fin.
4. Se estableció que los métodos utilizados para determinar azufre, generan una mezcla de soluciones ácidas como residuo final.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio y las gestiones legales necesarias para poder incinerar los residuos orgánicos y el papel filtro con residuos que actualmente se encuentran almacenados, en alguna institución que posea un horno incinerador.
2. Contratar a una persona capacitada, que se encargue directamente de todo residuo generado.
3. Tener en el laboratorio cristalería y áreas específicas para el tratamiento de residuos.
4. Debe evitarse desechar en el vertedero de basura, papeles filtros, trapos y papel mayordomo que se encuentren impregnados de productos químicos.
5. Tomar todas las medidas necesarias para eliminar todo residuo químico almacenado actualmente.
6. Si se generan residuos que por factor tiempo no son eliminados de inmediato, deben ser almacenados etiquetados e identificados (con el nombre del responsable del residuo, su área de trabajo, la fecha en que se recolectó, etc).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.

Dante Bernabei. **Seguridad, manual para el laboratorio**. Alemania: Editorial Merck, 1994. p. 233

2.

Juan Carlos Vega de Kuyper. **Manejo de residuos de la industria química y afín**. 2ª edición; México: Alfaomega Grupo Editor, 1999. pp. 131-149, 106.

3.

Raymond E. Kirk y Donald F. Othmer. **Enciclopedia de tecnología química**. México: Unión tipográfica Editorial Hispano-Americana, 1966. p. 288.

4.

Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales.

www.mtas.es/INSHT/ntp/ntp_276.htm - 31k, del 10 al 15 de abril de 2006.

5.

Libro Seguridad y condiciones de trabajo en el laboratorio.

http://www.mtas.es/insht/information/estudiostec/et_042.htm, del 10 al 15 de abril de 2006.

6.

Loc. Cit

7.

Juan Carlos Vega de Kuyper, Op. Cit., P. 17

8.

Dante Bernabei. **Seguridad, manual para el laboratorio**. Alemania: Editorial Merck, 1994. p. 173

9.

Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales.

http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_276.htm, del 10 al 15 de abril de 2006.

10.

Loc. Cit

11.

Loc. Cit

12.

La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación. www.mtas.es/insht/ntp/ntp_480.htm - 48k, del 15 al 21 de junio de 2006.

13.

Prevención del riesgo en el laboratorio químico: reactividad de los productos químicos (II). www.mtas.es/insht/ntp/ntp_479.htm - 39k, del 10 al 15 de abril de 2006.

14.

Loc. Cit.

15.

Loc. Cit.

16.

GUÍA DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS.

www.udec.cl/sqrt/reglamento/reglresiduos.html - 91k, del 3 al 6 de julio de 2006.

17.

Loc. Cit.

18.

Eliminación de residuos de laboratorio.

www.lauca.usach.cl/ima/buenambiente/REALINVENT6.htm, del 10 al 15 de abril de 2006.

19.

Loc. Cit.

20.

Loc. Cit.

21.

Guía de gestión de residuos químicos en centros sanitarios.

www.gencat.net/salut/depsan/units/sanitat/html/es/dir90/spsarq12.htm - 30k, del 15 al 21 de junio de 2006.

22.

Loc. Cit.

23.

Manual de seguridad para operaciones en laboratorios de biotecnología y de tipo biológico. www.sprl.upv.es/msbiotecnologia5.htm - 56k, del 15 al 21 de junio de 2006.

24.

Loc. Cit.

25.

Juan Carlos Vega de Kuyper, Op. Cit., pp. 150 – 157.

26.

DEPLAB-13 MANUAL DE TRATAMIENTO DE DESECHOS.

Laboratorio técnico del Ministerio de energía y minas de Guatemala

p.18

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Bernabei, Dante. **Seguridad, manual para el laboratorio.** Alemania: Editorial Merk, 1994. 233 pp.
- 2) ChemDAT. **La base de Datos de Productos Químicos de Merck**
Edición 2002'1Internacional, Versión 2.5.1.
- 3) Lemus Godoy, Francisco Javier. **Optimización del manejo de residuos químicos de los laboratorios de la escuela de ingeniería química de la Universidad de San Carlos.** Tesis Ing. Quí. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2003. 100 pp.
- 4) Lund, Herbert F. **Manual McGraw-Hill de reciclaje.** México: Editorial McGraw Hill, 1996. 380 pp.
- 5) Tchobanoglous, G. Theisen, H. Vigil, S. **Gestión integral de residuos sólidos.** México: Editorial McGraw-Hill, 1994. 474 pp.
- 6) Tureguet Mayol D. y Guadirno Sola X. **Procedimientos para la eliminación de residuos (Traducción del "Laboratory Waste Disposal Manual"**Editado por la M. C.A.). Documento Técnico 20, INSHT, Madrid: 1983.
- 7) Vega de Kuyper, Juan Carlos. **Manejo de residuos de la industria química y afín.** 2ª ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 1999. 166pp.

APÉNDICE 1.

Tabla XV. Cuantificación de residuos en el laboratorio técnico del MEM

No.	CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS GENERADOS						SE APLICA	ANALISTA
	MÉTODO	FECHA	CANTIDAD SEMANAL	TIPO DE RESIDUO	MÉTODO DE TRATAMIENTO DE DESECHO			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

Fuente: Elaboración propia, para la cuantificación diaria de los residuos generados.

APÉNDICE 2.

Tabla XVI. Cotización de materiales y recursos necesarios para la eliminación de residuos

DESCRIPCIÓN	PRECIO
Reactivos	
Óxido de calcio**	
Carbonato de sodio anhidro, Na ₂ CO ₃ **	
Ácido clorhídrico, HCl**	
Naranja de metilo, indicador**	
Peróxido de sodio, Na ₂ O ₂ **	
Cloruro de amonio, NH ₄ Cl**	
Cloruro de bario, BaCl ₂ **	
Agua destilada**	Q400.00
Ácido nítrico, HNO ₃ **	
Hidróxido de amonio, NH ₄ OH**	
Cloruro de bario, BaCl ₂ **	
Clorato de potasio, KClO ₃ **	
Recursos Humanos	
Servicio Técnico Profesional	Q24,000.00
Cristalería, equipo y accesorios	
Beakers 400 ml**	
Espátula grande**	
Campana de extracción**	
Papel pH**	
Embudo de vidrio**	
Soportes para filtrar**	
Crisoles de porcelana**	
Piceta de polietileno**	
Adicional	
Energía Eléctrica*	
Agua de grifo*	
Instalaciones adecuadas*	
Total	Q24,900.00

* No se puede estimar el costo del insumo porque son servicios propios del laboratorio.

** No se contempla su costo, porque el laboratorio cuenta con estos recursos.

ANEXOS

ANEXO 1.

Legislación sobre almacenajes, clasificación, envasado y etiquetado de residuos químicos y sustancias peligrosas

Reales decretos

1. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre prevención de riesgos laborales.
2. R.D. 1830/1995 del 10 de noviembre por el que se aprueba la ITC-MIE-APQ-006: Almacenamiento de líquidos corrosivos.
3. R.D 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención.
4. R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.
5. R.D. 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo.
6. R.D. 487/1997, de 14 de abril, sobre manipulación de cargas.
7. R.D. 668/1980, del 8 de febrero, sobre almacenamiento de productos químicos.
8. R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre equipos de protección individual.
9. Orden del 9 de marzo de 1982 por la que se aprueba la ITC-MIE-APQ-001: Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.

ANEXO 2.

Recuperación de residuos químicos en el laboratorio según la Oficina de Gestión de Residuos de la U.L.G.P.G.C.

1. Desechos metálicos: Recuperar y almacenar (según costos)
2. Mercurio metal: Aspirar, cubrir con polisulfuro cálcico y recuperar.
3. Mercurio compuesto: Disolver y convertirlos en nitratos solubles. Precipitarlos como sulfuros. Recuperar.
4. Arsénico, bismuto, antimonio: Disolver en HCl y diluir hasta aparición de un precipitado blanco (SbOCl y BiOCl). Añadir HCl 6M hasta redisolución. Saturar con sulfhídrico. Filtrar, lavar y secar.
5. Selenio, telurio: Disolver en HCl, adicionar sulfito sódico para producir SO₂ (reductor). Calentar (se forma selenio gris y telurio negro). Dejar en reposo 12 horas. Filtrar y secar.
6. Plomo, cadmio: Añadir HNO₃ (se producen nitratos). Evaporar, añadir agua y saturar con H₂S. Filtrar y secar.
7. Berilio: Disolver en HCl 6M, filtrar. Neutralizar (NH₄OH 6M). Filtrar y secar.
8. Estroncio, bario: Disolver en HCl 6M, filtrar. Neutralizar (NH₄OH 6M). Precipitar (Na₂CO₃). Filtrar, lavar y secar.
9. Vanadio: Añadir a Na₂CO₃ (capa) en una placa de evaporación. Añadir NH₄OH 6M (pulverizar). Añadir hielo (agitar). Reposar 12 horas. Filtrar (vanadio amónico) y secar.

10. Disolventes halogenados: destilar y almacenar

ANEXO 3

Figura 3. Pictogramas de peligrosidad

 E Explosivo	<p>Clasificación: Sustancias y preparaciones que reaccionan exotérmicamente también sin oxígeno y que detonan según condiciones de ensayo fijadas, pueden explotar al calentarse bajo inclusión parcial.</p> <p>Precaución: Evitar el choque, Percusión, Fricción, formación de chispas, fuego y acción del calor.</p>
 F Fácilmente inflamable	<p>Clasificación: Líquidos con un punto de inflamación inferior a 21°C, pero que NO son altamente inflamables. Sustancias sólidas y preparaciones que por acción breve de una fuente de inflamación pueden inflamarse fácilmente y luego pueden continuar quemándose ó permanecer incandescentes.</p> <p>Precaución: Mantener lejos de llamas abiertas, chispas y fuentes de calor.</p>
 F+ Extremadamente inflamable	<p>Clasificación: Líquidos con un punto de inflamación inferior a 0°C y un punto de ebullición de máximo de 35°C. Gases y mezclas de gases, que a presión normal y a temperatura usual son inflamables en el aire.</p> <p>Precaución: Mantener lejos de llamas abiertas, chispas y fuentes de calor.</p>
 C Corrosivo	<p>Clasificación: Destrucción del tejido cutáneo en todo su espesor en el caso de piel sana, intacta.</p> <p>Precaución: Mediante medidas protectoras especiales evitar el contacto con los ojos, piel y indumentaria. NO inhalar los vapores. En caso de accidente o malestar consultar inmediatamente al médico!.</p>
 T Tóxico	<p>Clasificación: La inhalación y la ingestión o absorción cutánea en pequeña cantidad, pueden conducir a daños para la salud de magnitud considerable, eventualmente con consecuencias mortales.</p> <p>Precaución: evitar cualquier contacto con el cuerpo humano. En caso de malestar consultar inmediatamente al médico. En caso de manipulación de estas sustancias deben establecerse procedimientos especiales!.</p>
 T+ Muy Tóxico	<p>Clasificación: La inhalación y la ingestión o absorción cutánea en MUY pequeña cantidad, pueden conducir a daños de considerable magnitud para la salud, posiblemente con consecuencias mortales.</p> <p>Precaución: Evitar cualquier contacto con el cuerpo humano, en caso de malestar consultar inmediatamente al médico!.</p>

 <p>O Comburente</p>	<p>Clasificación: (Peróxidos orgánicos). Sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, producen reacción fuertemente exotérmica.</p> <p>Precaución: Evitar todo contacto con sustancias combustibles.</p> <p>Peligro de inflamación: Pueden favorecer los incendios comenzados y dificultar su extinción.</p>
 <p>Xn Nocivo</p>	<p>Clasificación: La inhalación, la ingestión o la absorción cutánea pueden provocar daños para la salud agudos o crónicos. Peligros para la reproducción, peligro de sensibilización por inhalación, en clasificación con R42.</p> <p>Precaución: evitar el contacto con el cuerpo humano.</p>
 <p>Xi Irritante</p>	<p>Clasificación: Sin ser corrosivas, pueden producir inflamaciones en caso de contacto breve, prolongado o repetido con la piel o en mucosas. Peligro de sensibilización en caso de contacto con la piel. Clasificación con R43.</p> <p>Precaución: Evitar el contacto con ojos y piel; no inhalar vapores.</p>
 <p>N Peligro para el medio ambiente</p>	<p>Clasificación: En el caso de ser liberado en el medio acuático y no acuático puede producirse un daño del ecosistema por cambio del equilibrio natural, inmediatamente o con posterioridad. Ciertas sustancias o sus productos de transformación pueden alterar simultáneamente diversos compartimentos.</p> <p>Precaución: Según sea el potencial de peligro, no dejar que alcancen la canalización, en el suelo o el medio ambiente! Observar las prescripciones de eliminación de residuos especiales.</p>

Fuente: D. Bernabei. **Seguridad Manual para el laboratorio.**

Pág. 11-12

ANEXO 4.

Tabla XVII. Calificación de peligros especiales (Normas R)

R 1	Explosivo en estado seco
R 2	Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición
R 3	Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición
R 4	Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles
R 5	Peligro de explosión en caso de calentamiento
R 6	Peligro de explosión, lo mismo en contacto que sin contacto con el aire
R 7	Puede provocar incendios
R 8	Peligro de fuego en contacto con materias combustibles
R 9	Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles
R10	Inflamable
R11	Fácilmente inflamable
R12	Extremadamente inflamable
R13	Gas licuado extremadamente inflamable
R14	Reacciona violentamente con el agua
R15	Reacciona con el agua liberando gases fácilmente inflamables
R16	Puede explotar en mezcla con sustancias comburentes
R17	Se inflama espontáneamente en contacto con el aire
R18	Al usarlo pueden formarse mezclas aire - vapor explosivas/inflamables
R19	Puede formar peróxidos explosivos
R20	Nocivo por inhalación
R20k	También nocivo por inhalación
R21	Nocivo en contacto con la piel
R21k	También nocivo en contacto con la piel
R22	Nocivo por ingestión
R22k	También nocivo por ingestión
R23	Tóxico por inhalación
R23k	También tóxico por inhalación
R24	Tóxico en contacto con la piel
R24k	También tóxico en contacto con la piel
R25	Tóxico por ingestión
R25k	También tóxico por ingestión
R26	Muy tóxico por inhalación
R26k	También muy tóxico por inhalación

R27	Muy tóxico en contacto con la piel
R27k	También muy tóxico en contacto con la piel
R27a	Muy tóxico en contacto con los ojos
R27ak	También muy tóxico en contacto con los Ojos
R28	Muy tóxico por ingestión
R28k	También muy tóxico por ingestión
R29	En contacto con agua libera gases tóxicos
R30	Puede inflamarse fácilmente al usarlo
R31	En contacto con ácidos libera gases tóxicos
R32	En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos
R33	Peligro de efectos acumulativos
R34	Provoca quemaduras
R35	Provoca quemaduras graves
R36	Irrita los ojos
R36a	Lacrimógeno
R37	Irrita las vías respiratorias
R38	Irrita la piel
R39	Peligro de efectos irreversibles muy graves
R40	Posibilidad de efectos irreversibles
R41	Riesgo de lesiones oculares graves
R42	Posibilidad de sensibilización por inhalación
R43	Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel
R44	Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado
R45	Puede causar cáncer
R46	Puede causar alteraciones genéticas hereditarias
R47	Puede causar malformaciones congénitas
R48	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada
R49	Puede causar cáncer por inhalación
R50	Muy tóxico para los organismos acuáticos
R51	Tóxico para los organismos acuáticos
R52	Nocivo para los organismos acuáticos
R53	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático
R54	Tóxico para la flora
R55	Tóxico para la fauna
R56	Tóxico para los organismos del suelo
R57	Tóxico para las abejas
R58	Puede provocar a largo plazo efectos negativos para el medio ambiente

R59	Peligroso para la capa de ozono
R60	Puede perjudicar la fertilidad
R61	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
R62	Posible riesgo de perjudicar la fertilidad
R63	Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
R64	Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna

Fuente: D. Bernabei. **Seguridad Manual para el laboratorio.** Pág. 13 -14

ANEXO 5.

Tabla XVIII. Precauciones aconsejables (Normas S)

S1	Consérvese bajo llave
S2	Manténgase fuera del alcance de los niños
S3	Consérvese en lugar fresco
S4	Manténgase lejos de locales habitados
S5	Consérvese en agua
S5a	Consérvese en aceite de parafina
S5b	Consérvese en petróleo
S5c	Guardar en liquido protector
S6	Consérvese en ... (gas inerte a especificar por el fabricante)
S6a	Consérvese en gas protector
S6b	Consérvese en nitrógeno
S6c	Consérvese en argón
S7	Manténgase el recipiente bien cerrado
S8	Manténgase el recipiente en lugar seco
S9	Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado
S12	No cerrar el recipiente herméticamente
S13	Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos
S14	Consérvese lejos de sustancias muy inflamables
S15	Conservar alejado del calor
S16	Conservar alejado de fuentes de ignición - No fumar
S17	Manténgase lejos de materias combustibles
S18	Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia
S20	No comer ni beber durante su utilización
S21	No fumar durante su utilización
S22	No respirar el polvo
S23	No respirar vapor
S23a	No respirar el gas
S23b	No respirar el humo
S23c	No respirar el aerosol
S24	Evítese el contacto con la piel
S25	Evítese el contacto con los ojos
S26	En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

S27	Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada
S28	En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua
S28a	En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con sulfato de cobre en solución al 2 %
S28b	En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con glicol propilénico
S28c	En caso de contacto con la piel lávese inmediata y abundantemente con polietilenglicol/etanol (1:1)
S28d	En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón
S29	No tirar los residuos por el desagüe
S30	No echar jamás agua al producto
S33	Evítese la acumulación de cargas electrostáticas
S34	Evítese golpes y rozamientos
S35	Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles
S36	Usen indumentaria protectora adecuada
S37	Usen guantes adecuados
S38	En caso de ventilación insuficiente, usen equipo respiratorio adecuado
S39	Usen protección para los ojos/la cara
S40	Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese .(a especificar por el fabricante)
S40a	Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese carbón yodado
S41	En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos
S42	Durante las fumigaciones/pulverizaciones, use equipo respiratorio adecuado [Denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante]
S43	En caso de incendio, úsese agua
S43a	En caso de incendio, úsese arena seca (No usar nunca agua)
S44	En caso de malestar, acuda al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta)
S45	En caso de accidentes o malestar inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta)
S46	En caso de ingestión, acuda inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta o el envase
S47	Consérvese a una temperatura no superior a... °C (a especificar por el fabricante)
S48	Consérvese húmedo con ... (medio apropiado especificar por el fabricante)
S48a	Consérvese húmedo con agua
S49	Consérvese únicamente en el recipiente de origen
S50	No mezclar con ... (a especificar por el fabricante)
S51	Úsese únicamente en lugares bien ventilados
S52	No usar sobre grandes superficies en locales habitados

S53	Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso
S54	Obtener autorización de las autoridades de control de la contaminación antes de verter hacia las instalaciones de depuración de aguas residuales
S55	Trátese con las mejores técnicas disponibles antes de verter en desagües o en el medio acuático
S56	No verter en desagües o en el medio ambiente. Elimínese en un punto autorizado de recogida de residuos
S57	Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente
S58	Elimínese como residuo peligroso
S59	Remitirse al fabricante proveedor para obtener información sobre su reciclado recuperación
S60	Elimínense el producto y o recipiente como residuos peligrosos
S61	Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad
S62	En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase

Fuente: D. Bernabei. **Seguridad Manual para el laboratorio.** Pág. 16 -18

ANEXO 6.

Tabla XIX. Colores propuestos para las etiquetas de contenedores de residuos químicos

Tipo de residuo	Color
Solvente orgánico con halógeno	Naranja
Solvente orgánico sin halógeno	Verde
Sólidos orgánicos	Azul
Solución de sales no pesadas	Rojo
Solución de sales pesadas	Gris
Metales, compuestos inorgánicos sólidos y sales insolubles en agua	Amarillo
Ácidos orgánicos e inorgánicos solubles en agua	Blanco
Bases orgánicos e inorgánicos solubles en agua	Lila

Fuente: www.mtas.es/Insht/ntp/ntp_480.htm - 48k