

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE QUÍMICA



**PROPUESTA DE MANUAL DE GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO DE  
LOS DESECHOS Y RESIDUOS GENERADOS EN LOS  
LABORATORIOS DE DOCENCIA DE LA ESCUELA DE QUÍMICA EN  
LA FACULTAD DE CIENCIAS.**

Trabajo Especial de Grado presentado  
ante la Ilustre Universidad Central de  
Venezuela, por la Br. Vanessa  
Fernandes para optar al título de  
Licenciado en Química.

**Caracas, Mayo, 2015**

Yo Profesora: Dr. Soraya Taboada Investigadora del Laboratorio de Síntesis Órgano- Metálica de la Escuela de Química de la Universidad Central de Venezuela y el Profesor: Lic. Leonardo Acevedo Investigador del Laboratorio de Síntesis Orgánico- Metálica de la Escuela de Química de la Universidad Central de Venezuela. Certificamos que, el presente Trabajo Especial de Grado, titulado:

**“Propuesta de manual de gestión de almacenamiento de los desechos y residuos generados en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química en la Facultad de Ciencias”**

Que presenta el Br. Vanessa Fernandes para aspirar al título de Licenciado en Química, ha sido realizado en el Laboratorio de Síntesis Órgano- Metálica de la Escuela de Química de la Universidad Central de Venezuela, bajo nuestra dirección, durante los años 2014 y 2015, y con esta fecha autorizamos su presentación.

Caracas, mayo 2015

---

Tutor Leonardo Acevedo

---

Tutor Soraya Taboada

Los abajo firmantes asignados por la Universidad Central de Venezuela, como integrantes del jurado examinador del trabajo Especial de Grado titulado: **“Propuesta de manual de gestión de almacenamiento de los desechos y residuos generados en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química en la Facultad de Ciencias”** Presentado por el Br. Vanessa Fernandes, certificamos que este trabajo cumple con los requisitos exigidos por nuestra Magna Casa de Estudios para optar por el título de Licenciado en Química.

---

Prof. Soraya Taboada  
(Director)

---

Prof. Leonardo Acevedo  
(Director)

---

Prof. María Rodríguez

---

Esp. Rimsky Materan

## **RESUMEN.**

El presente proyecto de investigación está basado en una propuesta de gestión de almacenamiento de los residuos y desechos generados en los Laboratorios de Docencia y en específico el Laboratorio de Analítica I. Inicialmente se realizó una inspección del Laboratorio de Docencia de la UCV, tomando en consideración las normativas establecidas para generar una serie de recomendaciones que permitirán disminuir la vulnerabilidad en las instalaciones.

Los diagnósticos realizados de los reactivos y residuos de los experimentos del Laboratorio de Analítica I, permitieron determinar los grados de peligrosidad proporcionando información sobre la naturaleza química que sirvieron como herramienta para la escogencia del residuo a tratar, y además para la determinación de los recipientes más adecuados para la recolección selectiva y segregada de los mismos.

Estos diagnósticos fueron el paso crucial para generar una matriz que permitiera transformar de lo cualitativo a lo cuantitativo representando los parámetros (peligrosidad, cantidad aproximada generada, viabilidad de tratamiento) necesarios para la generación de un factor de selección arrojando como resultado el Dimetilglioximato de Níquel (DMGNI) como el residuo a realizar el tratamiento adecuado para su reutilización y disminución de peligrosidad.

Finalmente se realizó una propuesta de almacenamiento tomando como posible depósito el L-101 ubicado en el Laboratorio de Docencia en el segundo piso entre el Laboratorio de Inorgánica II y Físicoquímica, considerando las incompatibilidades químicas entre estas sustancias para disminuir la vulnerabilidad en dicho espacio.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
2.1 Taboada, S; Araujo, N; Morocoima, D y Materan, R. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias. Caracas, Venezuela. (2000-2007) .....	3
2.2 Blanco, A; Carrillo, V y Hernández, R. Facultad de Farmacia. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. (2004).....	3
2.3 Covictema, S.A. Informe en la Universidad de Salamanca, España. (2007) .....	4
2.4 Gantier, S y Rojas, J. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela (2009) ...	4
2.5 Cabrera, C. Manual para Manejo de los Residuos Peligrosos de tipo Químico Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinoza de los Reyes. Ciudad de México, México. (2011).....	4
2.6 Amos, C. Proyecto de Gestión Ambiental. Unidad de Manejo de Residuos y Desechos del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales de Mérida, Venezuela, (2012).....	5
2.7 Álvarez, V y Stalin, L. Universidad Central del Ecuador, Ecuador. (2012). .....	5
2.8 Berrio, L; Beltrán, O; Agudelo, E y Cardona, S. Sistemas de tratamiento para residuos líquidos generados en los laboratorios de Análisis Químico. Red de Revistas Científicas de América Latina. Universidad de Colombia, Medellín. (2012) .	5

2.9. Paredes, U y Castro, R. Propuesta de Manejo de los Residuos Químicos Líquidos generados en los Laboratorios para Alimentos del Instituto Nacional de Pesca Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. (2012).....	6
2.10. Jiménez, C y Naranjo, S. Normativa para el Manejo de Almacenamiento de Productos Químicos. Empresa Pasajeros de Quito, Ecuador, Marzo (2012). ....	6
2.11 Gómez, C. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia. Colombia, (2013).....	6
<b>3. MARCO JURÍDICO VENEZOLANO.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 Leyes orgánicas.....</b>	<b>8</b>
3.2.1 Ley Orgánica de Prevención de Condiciones de vida y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT). ....	8
3.2.2 Ley orgánica del ambiente. ....	9
<b>3.3. Leyes Ordinarias. ....</b>	<b>10</b>
3.3.1 Ley penal del ambiente .....	10
<b>3.4. Leyes especiales. ....</b>	<b>10</b>
3.4.1 Ley sobre Sustancias Materiales y Desechos Peligrosos. ....	10
<b>3.5. Convenios internacionales.....</b>	<b>12</b>
3.5.1 Convenio de Basilea.....	12
3.5.2 Protocolo de Kyoto. ....	13
3.5.3 Convenio MARPOL 73/78. ....	13

3.5.4 Convenio de Rotterman.....	13
3.5.5 El Protocolo de Montreal. ....	14
<b>3.6. Decretos.....</b>	<b>14</b>
3.6.1 Decreto 2635. Normas para el Control de la Recuperación de Materiales peligrosos y el Manejo de los desechos peligrosos.....	14
3.6.2 Decreto 2961. el Sistema Nacional de Reciclaje, tratamiento y disposición Final de Residuos industriales. ....	14
3.6.3 Resolución 40.....	14
3.6.4 Decreto 883.....	14
<b>3.7. Normas Técnicas COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales).....</b>	<b>15</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO. ....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. CONCEPTOS ESENCIALES PARA EL ALMACENAMIENTO DE DESECHOS Y RESIDUOS. ....</b>	<b>17</b>
<b>4.2. GESTIÓN DE DESECHOS Y RESIDUOS GENERADOS EN EL LABORATORIO.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS POR SU PELIGROSIDAD.....</b>	<b>19</b>
4.3.1 Según la Norma COVENIN 3060 “Materiales Peligrosos, Clasificación, Símbolos y Dimensiones de Señales de Identificación”. ....	21
4.3.2 Según las Naciones Unidas (NU). ....	23
4.3.3 Según la Unión Europea (UE). ....	24

4.3.4 Según el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (GHS). .....	26
4.3.5. Según el Decreto 2635. Artículo 6, Gaceta Oficial N 5245 de Venezuela, "Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos" .....	28
4.3.6 Según COVENIN 3060 "Materiales Peligrosos. Clasificación, símbolos y dimensiones de señales de identificación. ....	31
<b>4.4. INCOMPATIBILIDADES QUÍMICAS. ....</b>	<b>35</b>
4.4.1 Separación entre familias de productos incompatibles en almacenamiento. ...	36
<b>4.5. ALMACENAMIENTO DE DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS. ....</b>	<b>48</b>
4.5.1 Disposición de recipientes en las estanterías.....	48
<b>4.6. ENVASADO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS.....</b>	<b>49</b>
4.6.1 Envases de vidrio. ....	50
4.6.2. Envases de plástico.....	51
<b>4.7. ETIQUETADO DE MATERIALES PELIGROSOS. ....</b>	<b>52</b>
<b>4.8. TRATAMIENTO DE RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.....</b>	<b>52</b>
4.8.1 TRATAMIENTOS QUÍMICOS .....	53
4.8.1.1 Neutralización.....	54
4.8.1.2 Precipitación de metales pesados. ....	55
4.8.1.3 Tratamiento de Oxidantes con Reductores. ....	56
4.8.1.4 Hidrólisis. ....	56

4.8.1.5 Extracción química. ....	57
4.8.1.6 Intercambio iónico. ....	57
4.8.2 TRATAMIENTO FÍSICOS .....	57
4.8.2.1 Separación de fases.....	57
4.8.2.2 Transición de fases. ....	58
4.8.2.3 Transferencia de fases. ....	58
4.8.2.4 La separación molecular. ....	58
<b>4.9. REDUCCIÓN O MINIMIZACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS. ....</b>	<b>59</b>
4.9.1 Descarte del desecho.....	59
4.9.1.1 Sin tratamiento (residuos no peligrosos). ....	59
4.9.1.2 Con tratamiento (residuos peligrosos sin tratamiento). ....	59
<b>5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. ....</b>	<b>60</b>
<b>5. OBJETIVOS. ....</b>	<b>61</b>
6.1 Objetivo general. ....	61
6.2 Objetivos específicos.....	61
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>63</b>
<b>7.1 Revisión de las normativas al tema nacional. ....</b>	<b>64</b>
Medio de Escape (NORMA COVENIN 810-1995).....	64
Sistema Extinción Portátil (NORMA COVENIN 1040-1989).....	64

Instalaciones Eléctricas (Código Eléctrico Nacional, COVENIN 200-1999). .....	64
Colores, símbolos y dimensiones para señales de seguridad. (COVENIN 187-1992).....	64
Codificación Identificación de Tuberías (COVENIN 253-2006). .....	64
Materiales Peligrosos. Guía de Respuesta de Emergencia a incidentes o accidentes (FONDO NORMA 2670-96).....	64
Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. ....	64
<b>7.2 Descripción de las condiciones iniciales de almacenamiento de los residuos y desechos formados en los Laboratorios de Docencia en la Facultad de Ciencias. ....</b>	<b>65</b>
<b>7.3 Evaluación de los desechos y residuos generados en el Laboratorio de Analítica I.....</b>	<b>65</b>
<b>7.4 Recolección selectiva y segregada de los residuos que se generan en el Laboratorio de Analítica I, determinando los diferentes recipientes necesarios.....</b>	<b>67</b>
7.4.1 Recipientes.....	67
7.4.2 Recolección de residuos. ....	68
7.4.3 Elaboración del inventario de los residuos .....	70
<b>7.5 Evaluación los residuos y desechos establecidos en el Laboratorio de Analítica I .....</b>	<b>72</b>
<b>8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>78</b>
<b>8.1 Revisión de las normativas que competen al tema tanto nacional. ....</b>	<b>78</b>
8.1.1 MEDIO DE ESCAPE (Normas COVENIN 810-95) .....	78

8.1.2 SISTEMA DE EXTINCIÓN PORTATIL (Norma COVENIN 1040-89) .....	80
8.1.3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS (Código Eléctrico Nacional, Norma COVENIN 200-1999).....	80
8.1.4 CODIFICACIÓN IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS (COVENIN 253-1999 .....	81
8.1.5 SÍMBOLOS Y DIMENSIONES PARA SEÑALES DE SEGURIDAD (COVENIN 187-2003).....	82
<b>8.2 Descripción de las condiciones iniciales de almacenamiento de los residuos y desechos formados en los Laboratorios de Docencia en la Facultad de Ciencias. ....</b>	<b>82</b>
<b>8.3 Evaluación de los desechos y residuos generados en el Laboratorio de Analítica I. ....</b>	<b>89</b>
8.3.1 Diagnóstico de los reactivos. ....	89
8.3.2 Diagnóstico de los residuos. ....	119
8.3.3 Discusión General. ....	131
8.3.4 Cantidades aproximadas generadas de residuos en Laboratorio de Analítica I.....	132
<b>8.4 Recolección selectiva y segregada de los residuos que se generan en el Laboratorio de Analítica I, determinando los diferentes recipientes necesarios.....</b>	<b>137</b>
<b>8.5 Evaluación los residuos y desechos establecidos en el Laboratorio de Analítica I. ....</b>	<b>141</b>
8.5.1 Reacciones que se llevan a cabo en el tratamiento del residuo.....	146
8.3.5 Ventajas del tratamiento del residuo de Dimetilglioximato de níquel: .....	147

8.3.6 Costos y grados de peligrosidad de los reactivos:.....	150
8.3.7 Costo del tratamiento del residuo. ....	151
8.3.9 Costo total de las sustancias recuperadas en el tratamiento del residuo. ....	152
8.3.10 Comparación de costo de tratamiento vs costo de sustancias recuperadas.....	153
8.3.11 Metodología aplicada para la generación del residuo. ....	154
8.5.10 Material necesario para realizar el tratamiento del residuo: .....	156
8.5.11 Análisis de las sustancias recuperadas y residuos de filtración del tratamiento del residuo.....	157
8.5.12 Recomendaciones para posible tratamiento, recolección o disminución de peligrosidad para los demás residuos generados Laboratorio de Analítica I. ....	164
8.5.13 Discusión general.....	176
<b>8.6. Realización de una distribución óptima de almacenamiento de los desechos y residuos producidos en los Laboratorios de Docencia de la Facultad de Ciencias.....</b>	<b>177</b>
8.6.1 Distribución de almacén temporal del Laboratorio de Analítica I.....	182
8.6.2 Distribución de almacén temporal Laboratorio de Inorgánica II.....	185
8.6.3 Distribución de almacén temporal Laboratorio de Principios de Química .....	191
8.6.4 Distribución de almacén temporal Laboratorio de Fisicoquímica .....	198
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>201</b>
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>204</b>

<b>11. ANEXOS.....</b>	<b>221</b>
AN-1 Mapa de ubicación del Laboratorio de Docencia, Universidad Central de Venezuela, Ciudad Universitaria .....	<b>221</b>
AN-2 Inspección de los Laboratorios de Docencia, de la Escuela de Química, de la Facultad de Ciencias, UCV. ....	<b>222</b>
AN-3 Registro de condiciones de Laboratorio de Docencia, Escuela de Química de la Facultad de Ciencias, UCV. ....	<b>238</b>
AN-4 Inventario de los residuos generados en el Laboratorio de Analítica I. ....	<b>247</b>
AN-5 Diagramas de segregación de los residuos del Laboratorio de Analítica I. ....	<b>251</b>
AN-6 DECRETO 883 <sup>(29)</sup> .....	<b>264</b>
AN-7 Clasificación de Incompatibilidades Química según la Organización Marítima Internacional (OMI).....	<b>270</b>
AN-8 Reporte de análisis entregado por el Instituto de Ciencias de la Tierra (ICT), Facultad de Ciencias, UCV .....	<b>271</b>

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Código de Reactividad de Materiales Peligrosos, Decreto 2635 .	44
<b>Tabla 2.</b> Parámetro de peligrosidad para la escogencia del residuo a tratar.	73
<b>Tabla 3.</b> Ponderación del parámetro de peligrosidad para la escogencia del residuo a tratar.	73
<b>Tabla 4.</b> Parámetro de cantidad para la escogencia del residuo a tratar.	75
<b>Tabla 5.</b> Ponderación del parámetro de cantidad para la escogencia del residuo a tratar.	75
<b>Tabla 6.</b> Parámetro de viabilidad para la escogencia del residuo a tratar.	75
<b>Tabla 7.</b> Ponderación del parámetro de viabilidad para la escogencia del residuo a tratar.	76
<b>Tabla 8.</b> Color básico de identificación de fluido de tuberías.	81
<b>Tabla 9.</b> Características comunes en la inspección realizada en el Laboratorio de Docencia	87
<b>Tabla 10.</b> Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 1. Marcha Analítica de Cationes.	96
<b>Tabla 11.</b> Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 2. Marcha Analítica de Aniones.	102
<b>Tabla 12.</b> Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 3. Muestra Sólida.	105
<b>Tabla 13.</b> Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 4. Titulación Ácido Base.	107

<b>Tabla 14.</b> Peligrosidad asociada a los reactivos Práctica 6 Gravimetría para la determinación de Níquel.....	109
<b>Tabla 15.</b> Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 6. Gravimetría para la determinación de Sulfato.....	111
<b>Tabla 16.</b> Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 7. Complejimetria..	114
<b>Tabla 17.</b> Peligrosidad de los reactivos de la Práctica 8. Titulaciones Óxido Reducción. ....	116
<b>Tabla 18.</b> Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 9. Potenciometria y conductimetria.....	118
<b>Tabla 19.</b> Peligrosidad de los cationes de la Práctica 1. Marcha Analítica de Cationes.....	121
<b>Tabla 20.</b> Peligrosidad asociada a los aniones de la Práctica 2. Marcha Analítica de Aniones. ....	122
<b>Tabla 21.</b> Peligrosidad asociada a los residuos generados en la Práctica 4 Titulación Ácido- Base. ....	124
<b>Tabla 22.</b> Peligrosidad asociada a los residuos en generados en la Práctica 6. Gravimetría para la determinación de níquel.....	125
<b>Tabla 23.</b> Peligrosidad asociada a los residuos generados Práctica 6. Gravimetría para la determinación de Sulfato.....	126
<b>Tabla 24.</b> Peligrosidad asociada los residuos generados en la Práctica 6. Titulación Complejimetricas.....	128
<b>Tabla 25.</b> Peligrosidad asociada a los residuos generados en la Práctica 8. Titulaciones Óxido-Reducción.....	129

<b>Tabla 26.</b> Peligrosidad asociada a los residuos generados en la Práctica 9. Potenciometría y Conductimetría.....	130
<b>Tabla 27.</b> Cantidades aproximadas generadas de los residuos de la Práctica 1-2-3. Marcha de Cationes, Aniones y Muestra Sólida.....	133
<b>Tabla 28.</b> Cantidades aproximadas de residuos generados en la Práctica 5. Titulación Ácido Base.....	134
<b>Tabla 29.</b> Cantidades aproximadas de residuos generados en la Práctica 6. Gravimetría, determinación de níquel. ....	135
<b>Tabla 30.</b> Cantidades aproximadas de residuos generados en la Práctica 6. Gravimetría determinación de Sulfato. ....	135
<b>Tabla 31.</b> Cantidades aproximadas de los residuos generados en la Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.....	136
<b>Tabla 32.</b> Cantidades aproximadas generadas de los residuos en la Práctica 8. Titulaciones Óxido-Reducción.....	136
<b>Tabla 33.</b> Cantidades aproximadas generadas de los residuos en la Práctica 9. Potenciometría y Conductimetría.....	136
<b>Tabla 34.</b> Recipientes utilizados en la recolección de los residuos.....	138
<b>Tabla 35.</b> Recipientes utilizados para soluciones preparadas en el laboratorio de Analítica I.....	139
<b>Tabla 36.</b> Escogencia del residuo a tratar a través de la sumatoria de los parámetros establecidos .....	143
<b>Tabla 37.</b> Reacciones que se llevan a cabo en el tratamiento del residuo. ....	147

<b>Tabla 38.</b> Usos de los sólidos generados en el diagrama ecológico para el tratamiento del residuo.....	148
<b>Tabla 39.</b> Toxicidad y propiedades fisicoquímicas de reactivos para el tratamiento del residuo.....	149
<b>Tabla 40.</b> Costos y grados de peligrosidad de los reactivos para el tratamiento del residuo. ....	150
<b>Tabla 41.</b> Costo total de inversión para el tratamiento del residuo. ....	151
<b>Tabla 42.</b> Costos y grados de peligrosidad de las sustancias que se generan en el tratamiento del residuo.....	152
<b>Tabla 43.</b> Costo aproximado de las sustancias generadas al realizar el tratamiento de residuo.....	153
<b>Tabla 44.</b> Costo total de tratamiento vs Costo total de sustancias recuperadas en previo tratamiento del residuo. ....	153
<b>Tabla 45.</b> Características de la muestra para generar el Dimetilglioximato de níquel. .....	154
<b>Tabla 46.</b> Resultados de Dimetilglioximato de Níquel (Residuo de partida) .....	157
<b>Tabla 47.</b> Resultados de la recuperación del Hidróxido de Níquel.....	158
<b>Tabla 48.</b> Resultado de residuo de filtración de Hidróxido de Níquel recuperado...	160
<b>Tabla 49.</b> Resultados de la precipitación del Sulfato de Bario. ....	161
<b>Tabla 50.</b> Resultados de los iones presentes en el residuo de filtración de Sulfato de Bario.....	161
<b>Tabla 51.</b> Kps de sales de Sulfato. ....	163
<b>Tabla 52.</b> Distribución de peligrosidad de cationes y aniones para las prácticas....	166

<b>Tabla 53.</b> Costos del Sulfato de bario. ....	170
<b>Tabla 54.</b> Costos de reactivos para Precipitación química del fosfato. ....	175
<b>Tabla 55.</b> Costos del fosfato de calcio. ....	175
<b>Tabla 56.</b> Costos de reactivos que sirven de soporte para el tratamiento de neutralización. ....	177
<b>Tabla 57.</b> Distribución de almacenamiento temporal de los residuos generados en el Laboratorio de Analítica I. ....	184
<b>Tabla 58.</b> Distribución de almacenamiento temporal de los residuos generados en el Laboratorio de Inorgánica II.....	191
<b>Tabla 59.</b> Distribución de almacenamiento temporal de los residuos generados en el Laboratorio de Principios de Química. ....	197
<b>Tabla 60.</b> Distribución de almacenamiento temporal de los residuos generados en el Laboratorio de Físicoquímica. ....	200
<b>Tabla 61.</b> Inventarios de residuos líquidos de las prácticas del Laboratorio de Analítica I.....	249
<b>Tabla 62.</b> Inventario de Residuos Sólidos de las Prácticas del Laboratorio de Analítica I.....	250
<b>Tabla 63.</b> Decreto 883 Artículo 10 descargas de cuerpos de agua.....	266
<b>Tabla 64.</b> Decreto 883 Artículo 12 descargas al medio marino y costero. ....	267
<b>Tabla 65.</b> Decreto 883 Artículo 15 descarga a redes cloacales. ....	269

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.</b> Ejemplo de Pictograma de las Naciones Unidas I. ....	24
<b>Figura 2.</b> Ejemplo de Pictograma de Unión Europea (UE). ....	26
<b>Figura 3.</b> Pictogramas de peligro y ejemplo sobre clases de peligro según la clasificación del GHS. ....	28
<b>Figura 4.</b> Diamante del fuego. ....	32
<b>Figura 5.</b> Clasificación de riesgos (NFPA). ....	33
<b>Figura 6.</b> Ejemplo de separación entre productos incompatibles en un almacén. ...	37
<b>Figura 7.</b> Tabla de incompatibilidades químicas de los grupos según el Decreto 2635 .....	43
<b>Figura 8.</b> Ejemplo cuadro de Incompatibilidades Químicas de Sustancias Peligrosas. ....	45
<b>Figura 9.</b> Reactividad entre productos químicos.....	46
<b>Figura 10.</b> Tabla de incompatibilidades de Sustancias Químicas.....	47
<b>Figura 11.</b> Metodología general aplicada. ....	63
<b>Figura 12.</b> Modelo de etiquetado utilizado para la identificación y recolección de los residuos generados en el laboratorio de Química Analítica I en los Laboratorios de Docencia. ....	69
<b>Figura 13.</b> Colores para señales de seguridad (COVENIN 187) .....	82
<b>Figura 14.</b> Diagrama ecológico para el tratamiento del residuo de Dimetilglioximato de Níquel. Fuente elaboración propia. ....	144
<b>Figura 15.</b> Plano y Leyenda del Depósito temporal de almacenamiento de residuos del Laboratorio de Docencia, UCV. ....	181

<b>Figura 16.</b> Mapa de ubicación del Laboratorio de Docencia, UCV .....	221
<b>Figura 17.</b> Diagrama de segregación. Práctica 1. Marcha Analítica de Cationes. .	251
<b>Figura 18.</b> Diagrama de segregación. Práctica 2. Marcha Analítica de Aniones. ..	252
<b>Figura 19.</b> Diagrama de segregación. Práctica 3. Muestra Sólida.....	253
<b>Figura 20.</b> Diagrama de segregación. Experiencia 1, Práctica 5. Titulación Ácido-Base.....	254
<b>Figura 21.</b> Diagrama de segregación. Experiencia 2, Práctica 5. Titulación Ácido-Base.....	255
<b>Figura 22.</b> Diagrama de segregación determinación de Níquel, Práctica 6.....	256
<b>Figura 23.</b> Diagrama de segregación determinación de sulfato, Práctica 6. Gravimetría.....	257
<b>Figura 24.</b> Diagrama de segregación experiencia 1, Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.....	258
<b>Figura 25.</b> Diagrama de segregación experiencia 2, Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.....	259
<b>Figura 26.</b> Diagrama de segregación experiencia 3, Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.....	260
<b>Figura 27.</b> Diagrama de segregación, Práctica 8. Titulaciones Óxido-Reducción. .	261
<b>Figura 28.</b> Diagrama de segregación experiencia, 1 Práctica 9. Potenciometría y Conductimetría. ....	262
<b>Figura 29.</b> Diagrama de segregación experiencia, 2 Práctica 9. Potenciometría y Conductimetría. ....	263
<b>Figura 30.</b> Tabla de incompatibilidades químicas según la OMI.....	270

## **AGRADECIMIENTOS.**

En principio debo agradecer a Dios todo poderoso que me ha colmado de bendiciones para poder lograr este gran triunfo en mi vida.

A mis tutores Leonardo Acevedo y Soraya Taboada por la inmensa paciencia que me tuvieron, incentivándome cada día a seguir adelante y no darme por vencida a pesar de las dificultades. Estoy inmensamente agradecida por todo el cariño que recibí y que exigieran de mi cada día más.

A la profesora María Rodríguez que me apoyo en todo lo que estaba en su alcance, permitiendo que este proyecto se diera a cabo y a cada uno de los profesores que me brindaron su apoyo y colaboración incondicional para poder alcanzar mi meta.

A mis amigos Abraham, Jennifer, Jairo, Jessica G, Jessica A, José por todos aquellos momentos que compartimos juntos de amistad, logros y dificultades. Son y serán siempre mis amigos incondicionales para lo que necesiten.

A mi Madre la mejor de todas, la persona que siempre me ha dado apoyo, la que más admiro y respeto en la vida porque sin ti esto ni nada en mi vida fuera posible. Este gran triunfo y los que vienen siempre serán dedicados a tu nombre. Te amo.

A mi hermana Dayana Fernandes, que aunque no estés presente físicamente siempre serás parte de mis logros porque donde te encuentres quiero que te sientas orgullosa de lo que puedo lograr.

A mi novio Christian Márquez, que aguantó mis alegrías y tristezas apoyándome en cada momento con su compañía, su tiempo y dedicación. Gracias por ser parte de mi vida y de este logro tan importante, Te amo.

## **1. Introducción.**

La gestión de residuos sólidos y en particular la de residuos peligrosos es un tema de preocupación en casi todos los países. A medida que el mundo ha ido evolucionando, la sociedad ha ido cambiando su estructura, sus esquemas de producción y de consumo. El mundo se ha tornado más productivo para sostener la demanda de la sociedad esto trae como consecuencia, un aumento en los volúmenes de residuos generados y un aumento de la presencia de materiales peligrosos en los mismos.

Adicionalmente el fenómeno de urbanización, ha llevado a que la generación de residuos se concentre en una determinada área presionando aún más el ecosistema. A nivel mundial, el gran desafío que existe actualmente es disociar la producción de residuos del crecimiento económico, a efectos de frenar el tradicional aumento de los mismos con el avance de la economía y disminuir a su vez la presencia de materiales de desechos peligrosos. Este proceso debe además ser compatible con las políticas de desarrollo productivo y social necesarias para abatir la pobreza. Para esto será imprescindible, entre otras cosas, compatibilizar las normas de residuos peligrosos con criterios de eficiencia y competitividad productiva.

En los países en desarrollo, la atención de la problemática vinculada a los residuos peligrosos ha sido más lenta que en países desarrollados, persistiendo aún importantes carencias de infraestructuras ambientalmente adecuadas para gestionar dichos residuos. Las carencias de infraestructura han potenciado el vertido y la emisión incontrolada de residuos presenciando la operación de plantas de reciclaje y tratamiento en condiciones ambientalmente inadecuadas. Esta situación puede y ha ocasionado impactos ambientales y a la salud de largo plazo, con costos asociados

extremadamente altos. Los sitios contaminados provocados por una disposición inadecuada de residuos son un ejemplo claro de esta situación, existiendo numerosos ejemplos de repercusiones a la salud de la población por esta causa.

Toda operación realizada con residuos peligrosos, desde su generación hasta su destino final, es potencialmente generadora de impactos ambientales negativos. La magnitud y duración de los mismos dependerá del tipo de residuos y de la modalidad en que se realicen las operaciones de manejo en cada una de las etapas. Para disminuir efectivamente el riesgo para la salud y el medio ambiente asociado al manejo de residuos peligrosos, es imprescindible desarrollar planes de gestión de residuos que atiendan a la prevención, que contemplen tanto la disminución de la generación residuos peligrosos, como el peligro intrínseco de los mismos y aseguren prácticas de gestión ambientalmente adecuadas realizada en el marco de la definición y clasificación general de residuos, ya que tiene como objetivo identificar aquellos residuos que necesitan una atención especial y aspecto clave para su gestión.

Seguidamente se aborda la problemática que representan los residuos peligrosos para el hombre y el medio ambiente, se analizan la liberación y transporte de contaminantes en el medio ambiente, así como los riesgos que estos representan con especial énfasis, se presentan las pautas para la gestión de residuos peligrosos. Aquí se incluyen las estrategias a seguir para la implantación de planes y programas de gestión, que garanticen la minimización de los impactos generados por los residuos peligrosos a lo largo de su ciclo de vida.

## **2. Antecedentes.**

### **2.1 Taboada, S; Araujo, N; Morocoima, D y Materan, R. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias. Caracas, Venezuela. (2000-2007)<sup>(1) (2) (3)</sup>.**

Desde el año 1995 se comenzaron a realizar modelos de trabajo de Gestión de riesgos mediante proyectos y programas. El comienzo del trabajo de investigación en esta área, cumple su función de minimizar los riesgos a los que diariamente nos enfrentamos. Siendo relevante el retiro de una cantidad considerable de materiales peligrosos que de acuerdo a la normativa ya se encuentran categorizados como desechos peligrosos de naturaleza química de las Facultad mediante una gestión compartida de la Comisión de Mitigación de Riesgos de la Facultad de Ciencias, la Empresa Privada, la Dirección de La Escuela de Química y el Decanato de la Facultad, como parte de una proposición de gestión de riesgos.

### **2.2 Blanco, A; Carrillo, V y Hernández, R. Facultad de Farmacia. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. (2004).<sup>(4)</sup>**

El trabajo de investigación realizado se basó en determinar los procedimientos utilizados por la Comunidad El Samán en relación al manejo de los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos referido a recolección, almacenamiento y transporte.

**2.3 Covictema, S.A. Informe en la Universidad de Salamanca, España. (2007)  
(5).**

Este proyecto de investigación tiene como objetivo principal, cumplir con la legislación en materias de residuos peligrosos, además, elaborar normas internas o reglamentos que indican el protocolo a seguir por toda la comunidad universitaria generando un Manual de Residuos Peligrosos implantado en dicha universidad.

**2.4 Gantier, S y Rojas, J. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela  
(2009) (6) (7) (8).**

Durante los más de 35 años de operación se han generado desechos peligrosos que no han podido ser manejados apropiadamente debido a restricciones en el marco legal, desconocimiento y falta de conciencia de las implicaciones legales y ambientales, carencia de reglamentos y manuales de normas y procedimientos e insuficiencia de recursos económicos lo cual se han encontrado Trabajos Especiales de Grado, los cuales tienen por objetivo lograr un adecuado tratamiento de los residuos que se generan en esa casa de estudio.

**2.5 Cabrera, C. Manual para Manejo de los Residuos Peligrosos de tipo Químico Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinoza de los Reyes. Ciudad de México, México. 2011<sup>(9)</sup>**

El Instituto estableció los procedimientos a seguir, para lograr el manejo adecuado de los residuos peligrosos químicos, reduciendo los riesgos a la salud originado por el manejo de los mismos y cumpliendo con las normativas aplicables en materia del Manejo de Residuos Peligrosos.

**2.6 Amos, C. Proyecto de Gestión Ambiental. Unidad de Manejo de Residuos y Desechos del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales de Mérida, Venezuela, 2012. <sup>(10)</sup>**

La contribución de este proyecto en especial, fue la creación de la Unidad de Manejo de Residuos y Desechos generados en el Instituto Venezolano de los Seguros Sociales a fin lograr una estructura sólida, eficiente, ecológica para implantar un sistema de Gestión Ambiental en las distintas fases que involucran sus elementos funcionales en las formas de acopio y almacenamiento, medios de recolección y transporte, técnicas de recuperación y procesamiento y métodos de tratamiento y disposición final.

**2.7 Álvarez, V y Stalin, L. Universidad Central del Ecuador, Ecuador. (2012). <sup>(11)</sup>**

El objetivo del proyecto fue la elaboración de un Manual de Manejo adecuado de Residuos Químicos Peligrosos describiendo de forma detallada sobre la Gestión de dichos residuos generados en los Laboratorios de la Universidad Central del Ecuador. Está diseñado para estimular el razonamiento y establecer procedimientos de gestión como lo sugieren las normativas ambientales.

**2.8 Berrio, L; Beltrán, O; Agudelo, E y Cardona, S. Sistemas de tratamiento para residuos líquidos generados en los laboratorios de Análisis Químico. Red de Revistas Científicas de América Latina. Universidad de Colombia, Medellín. 2012. <sup>(12)</sup>**

Se encargaron de presentar distintos tipos de tratamientos, tantos biológicos y fisicoquímicos para desechos y residuos líquidos provenientes del Laboratorio de Análisis Químicos, tomando en cuenta las necesidades de efectividad del proceso que se requieran para su disposición final.

**2.9. Paredes, U y Castro, R. Propuesta de Manejo de los Residuos Químicos Líquidos generados en los Laboratorios para Alimentos del Instituto Nacional de Pesca Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2012. <sup>(13)</sup>**

Se realizó una propuesta sobre el Manejo de Residuos Químicos Líquidos, aplicando las normas nacionales ambientales vigentes y determinando los procesos operativos que permitan el correcto manejo de dichos residuos.

**2.10. Jiménez, C y Naranjo, S. Normativa para el Manejo de Almacenamiento de Productos Químicos. Empresa Pasajeros de Quito, Ecuador, Marzo 2012. <sup>(14)</sup>**

Se encargaron de trabajar en el establecimiento de los lineamientos básicos que permitieran el manejo, almacenamiento y uso de productos y residuos químicos procurando disminuir el riesgo al personal, e impacto para el medio ambiente.

**2.11 Gómez, C. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia. Colombia, 2013. <sup>(15)</sup>**

Este documento tiene como objetivo servir de herramienta para funcionarios de autoridades ambientales, sanitarias en la gestión ambientalmente sostenible de los residuos o desechos peligrosos, atendiendo a la necesidad de contar con lineamientos que facilitan la toma de decisiones frente a la gestión de estos residuos o desechos.

### 3. Marco Jurídico Venezolano.

#### 3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela<sup>(16)</sup>.

La constitución establece las directrices en relación con los derechos ambientales haciendo énfasis en la protección del ambiente y su conservación ecológica para la sustentabilidad del país. Donde dispone que el Estado deba proteger el ambiente, los procesos biológicos, los parques nacionales y diversas áreas de especial importancia ecológica. Esto se ve plasmado en los escritos, señalando los siguientes artículos:

**Artículo 127.** “Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley”.

**Artículo 129.** “Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas, deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas

y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas. En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviera expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultara alterado, en los términos que fije la ley”.

### **3.2 Leyes orgánicas.**

#### **3.2.1 Ley Orgánica de Prevención de Condiciones de vida y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT).<sup>(17)</sup>**

Con la aprobación de la reforma de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT), publicada en Gaceta Oficial número 38.236, de fecha 26 de julio de 2005, se abre una nueva página en la larga historia de lucha de los trabajadores. Esta Ley abarca la promoción de la salud de los trabajadores, la prevención de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo, la atención, rehabilitación y reinserción de los trabajadores y establece las prestaciones dinerarias que correspondan por los daños que ocasionen enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo. Entre sus artículos se destaca el siguiente relacionado al registro y manejo de sustancias peligrosas:

**Artículo 65.** “Los empleadores y empleadoras están en la obligación de registrar todas las sustancias que por su naturaleza, toxicidad o condición físico-química pudieran afectar la salud de los trabajadores y trabajadoras. Dicho registro debe señalar explícitamente el grado de peligrosidad, los efectos sobre la salud, las medidas preventivas, así como las medidas de emergencia y tratamiento médico correspondiente.

El Ministerio con competencia en materia de salud establecerá mecanismos de coordinación con el Ministerio con competencia en materia de seguridad y salud en el trabajo, a los fines de establecer un Sistema Único de Registro de Sustancias Peligrosas, que permita el manejo de la información y control de las sustancias peligrosas que puedan afectar la salud de los trabajadores y las trabajadoras”.

### **3.2.2 Ley orgánica del ambiente.<sup>(18)</sup>**

Esta ley fue promulgada el 22 de diciembre de 2006 y fue publicada en gaceta oficial extraordinaria seis meses más tarde bajo el número 5.883; tiene como objeto establecer las bases y principios fundamentales para el desarrollo de gestión ambiental como deber del Estado y de la sociedad para contribuir con el mejoramiento de la conservación, bienestar de la población, defensa y mantenimiento del planeta. De igual forma, establece las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. Entre los artículos destacados se presentan los siguientes:

El **artículo 37** Promueve la adaptación e inclusión de programas ambientales a las actividades. “Las instituciones públicas y privadas deberán incorporar principios de educación ambiental en los programas de capacitación de su personal”.

El **artículo 75** Trata la orientación, fomento y estímulo de estudios e investigaciones con fines de información como parte de la inclusión a las actividades académicas de los programas ambientales. “La Autoridad Nacional Ambiental orientará, fomentará y estimulará los estudios y la investigación básica y aplicada sobre el ambiente, según las leyes que regulan la materia. Así mismo promoverá, apoyará y consolidará proyectos con las instituciones, universidades nacionales e

internacionales, pueblos y comunidades indígenas, consejos comunales y comunidades organizadas de vocación ambientalista”.

### **3.3. Leyes Ordinarias.**

#### **3.3.1 Ley penal del ambiente. <sup>(19)</sup>**

Fue promulgada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela el 2 de Mayo de 2012 bajo el número 39.913, donde inicio con el primer artículo:

**Artículo 1:** La presente Ley tiene por objeto tipificar como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes. Así mismo, determina las medidas precautelarias, de restitución y de reparación a que haya lugar.

### **3.4. Leyes especiales.**

#### **3.4.1 Ley sobre Sustancias Materiales y Desechos Peligrosos. <sup>(20)</sup>**

Esta ley tiene por objeto establecer normas para el uso, manejo, transporte, almacenamiento y disposición final de sustancias y desechos peligrosos, con el fin de proteger el ambiente y la salud. Fue publicada en Gaceta oficial N° 5.554 el 13 de noviembre de 2001. Entre sus artículos se destacan:

**Artículo 2:** “Serán objeto de regulación, en todo lo relativo a su incidencia y sus efectos en la salud y en el ambiente, aquellas sustancias y materiales peligrosos y otros similares, de origen nacional o importado que vayan a ser utilizados con fines

de uso agrícola, industrial, de investigación científica, educación, producción u otros fines”.

**Artículo 6:** “Se prohíbe la descarga de sustancias, materiales o desechos peligrosos en el suelo, en el subsuelo, en los cuerpos de agua o al aire, en contravención con la reglamentación técnica que regula la materia”.

**Artículo 9** “La recuperación de los materiales peligrosos tendrá como objetivo fundamental el reuso, el reciclaje, la regeneración o el aprovechamiento de dichos materiales a escala industrial o comercial, con el propósito de alargar su vida útil, minimizar la generación y destrucción de desechos peligrosos y propiciar las actividades económicas que empleen estos procesos o se surtan de estos materiales.”

**Artículo 10:** “Las sustancias, materiales y desechos se clasifican de acuerdo con los Sistemas de la Organización de Naciones Unidas. Esta clasificación podrá ser actualizada cuando se requiera tomando en consideración los avances tecnológicos y la caracterización de estas sustancias, materiales y desechos por las organizaciones especializadas, tanto nacionales como internacionales.

**Artículo 29.**”El manejo de los desechos peligrosos tendrá como objetivo principal su almacenamiento temporal, transporte, tratamiento, eliminación y disposición final, en condiciones que no generen peligro a la salud o al ambiente.”

**Artículo 32.** “El diseño y ubicación del lugar de almacenamiento de sustancias o materiales peligrosos deben ser realizados de acuerdo con la naturaleza de los materiales a ser almacenados, conforme a lo establecido en la reglamentación técnica que rige la materia”.

**Artículo 35.** “Ningún desecho peligroso puede permanecer más de cinco (5) años en un almacén o sitio de carácter temporal. Los desechos peligrosos que ofrezcan riesgos de tipo 4 ó 5, no pueden permanecer en condiciones de almacenamiento temporal durante más de un año, sin haber sido tratados o tomado las medidas necesarias de manera que se haya minimizado el riesgo ambiental y peligro a la salud.”

**Artículo 138.** “La determinación de la clase de riesgo que presente un material peligroso recuperable o un desecho peligroso, será realizada por un especialista en la materia, personal de bomberos, autoridades sanitarias o de otros cuerpos de seguridad especializados en evaluación de riesgos, en base a la Norma Venezolana COVENIN 2670 (R) Materiales Peligrosos, Guía de Respuestas de Emergencia e Incidentes o Accidentes”.

### **3.5. Convenios internacionales.**

Los convenios son expresiones formales de voluntad entre Estados mediante los cuales se crean obligaciones jurídicas. Los convenios internacionales una vez constituidos y ratificados, son de carácter obligatorio para sus miembros. Tienen carácter vinculante, es decir pueden exigirse jurídicamente. La vigencia es plena de acuerdo al rango que adquieran al incorporarse al derecho interno. Venezuela forma parte de muchos convenios en pro del mejoramiento de la salud y la calidad del medio ambiente. Entre ellos se encuentran:

#### **3.5.1 Convenio de Basilea.** <sup>(21)</sup>

Se encarga de resolver los problemas producidos por los movimientos transfronterizos de desecho peligroso, su eliminación y tráfico ilícito, estableciendo a Asia la responsabilidad por los daños que este genere. Entró en vigencia el 5 de

mayo de 1992 y fue ratificado en 1998. Gaceta Oficial 36.396. Última fecha de revisión 2 de abril de 2008.

### **3.5.2 Protocolo de Kyoto.** <sup>(22)</sup>

Compromete a los Estados a implementar medidas tendentes a limitar y reducir las emisiones de gases considerados como causantes del efecto invernadero a un nivel inferior al 5% del total de emisiones de esos gases para 1990, para el período comprendido entre el 2008 al 2012. Se estableció que el compromiso es de obligatorio cumplimiento cuando los países industrializados responsables de, al menos un 55% de las emisiones de CO<sub>2</sub> ratificasen su compromiso. Entró en vigor el 07 de diciembre de 2004. Gaceta oficial 38.081. La conferencia sobre Cambio Climático de Nairobi, Kenia, aprobó una nueva revisión del protocolo de Kioto en el 2008. Aun no se ha fijado la fecha de revisión.

### **3.5.3 Convenio MARPOL 73/78.** <sup>(23)</sup>

Acuerdo promovido por la Organización de Naciones Unidas (ONU), a través de la Organización Marítima Internacional, también conocida como OMI, que busca eliminar la contaminación intencional causada por sustancias dañinas para el medio marino; así como minimización de las descargas accidentales de dichas sustancias, estimulando la capacidad de respuesta de los países ribereños. Entró en vigor el 3 de marzo de 1996 y fue ratificado en 20 de junio de 1996. Gaceta oficial 4.924.

### **3.5.4 Convenio de Rotterman.** <sup>(24)</sup>

Este convenio tiene el propósito de supervisar y controlar el comercio internacional de las sustancias peligrosas de origen industrial y agrícola. Identifica los plaguicidas más peligrosos y sustancias químicas usados en la industria, para regular su comercio global. Entró en vigor el 24 de febrero de 2004.

### **3.5.5 El Protocolo de Montreal.** <sup>(25)</sup>

Es una de las convenciones más importante para proteger la capa de ozono, donde se han establecido calendarios para eliminar a las sustancias químicas que destruyen el ozono, adoptando así medidas preventivas para controlar las emisiones mundiales de las sustancias que la agotan. El acuerdo fue negociado en 1987 y entró en vigor el 1º de enero de 1989. La primera reunión de las partes se celebró en Helsinki en mayo de ese 1989. Desde ese momento, el documento ha sido revisado en varias ocasiones, en 1990 (Londres), en 1991 (Nairobi), en 1992 (Copenhague), en 1993 (Bangkok), en 1995 (Viena), en 1997 (Montreal) y en 1999 (Pekín).

## **3.6. Decretos.**

**3.6.1 Decreto 2635.** <sup>(26)</sup> Normas para el Control de la Recuperación de Materiales peligrosos y el Manejo de los desechos peligrosos. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.245 Extraordinario del 3 de Agosto de 1998.

**3.6.2 Decreto 2961.** <sup>(27)</sup> De fecha 3 de Junio de 1993, por el cual se crea el Sistema Nacional de Reciclaje, tratamiento y disposición Final de Residuos industriales. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 35.229 del 9 de Junio de 1993.

**3.6.3 Resolución 40.** <sup>(28)</sup> Fue dictada el 29 de Mayo del 2003 con el propósito de dictar los requisitos para el registro y autorización de manejadores de sustancias, materiales y desechos peligrosos; y establecer de este modo medidas de control para garantizar que las actividades de manejo de sustancias, materiales y desechos peligrosos se realicen asegurando la protección de la salud, el ambiente, la seguridad y la propiedad de terceros.

**3.6.4 Decreto 883.** <sup>(29)</sup> De fecha 11 de Octubre de 1995, por el cual se dictan Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de agua y

Vertidos o Efluentes líquidos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5.021 Extraordinario del 18 de Diciembre de 1.995.

### **3.7. Normas Técnicas COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales).**

Entre las normas técnicas dentro del marco legal de la legislación de la República Bolivariana de Venezuela, existen unas de carácter obligatorio y otras con carácter de recomendación.

- ✓ Norma Venezolana COVENIN <sup>(30)</sup> 187-92 “Colores, símbolos y dimensiones para señales de seguridad”.
- ✓ Norma Venezolana COVENIN <sup>(31)</sup> 2239-91 “Materiales inflamables y combustibles, almacenamiento y manipulación, parte I líquidos”
- ✓ Norma Venezolana COVENIN <sup>(32)</sup> 2239-II-85 “Materiales inflamables y combustibles, almacenamiento y manipulación, parte II, materiales comunes. Almacenamiento de interiores y exteriores.
- ✓ Norma Venezolana COVENIN <sup>(33)</sup> 2239-III-91 “Materiales inflamables y combustibles, almacenamiento y manipulación, parte IV. Sustancias de acuerdo a su incompatibilidad.
- ✓ Norma Venezolana COVENIN <sup>(34)</sup> 200-99 “Código Eléctrico Nacional”
- ✓ FONDONORMA <sup>(35)</sup> 2670-2012 “Materiales Peligrosos. Guía de Respuesta de Emergencias de incidentes o accidentes”.

- ✓ Norma Venezolana COVENIN <sup>(36)</sup> 3059-2002 “Hojas de datos de seguridad de los materiales peligrosos”.
  
- ✓ Norma Venezolana COVENIN <sup>(37)</sup> 3060-93 “Materiales peligrosos. Clasificación, símbolos y dimensiones de señales de identificación”.
  
- ✓ Norma Venezolana COVENIN <sup>(38)</sup> 3061-93 “Materiales peligrosos. Guía para el entrenamiento de personas que manejan, almacenan y transportan materiales peligrosos”
  
- ✓ Norma Venezolana COVENIN 3402-98 <sup>(39)</sup> “Materiales peligrosos. Directrices para la atención de incidentes y emergencias”.

## **4. MARCO TEÓRICO.**

### **4.1. CONCEPTOS ESENCIALES PARA EL ALMACENAMIENTO DE DESECHOS Y RESIDUOS. <sup>(26)</sup>.**

Para la realización de este proyecto de investigación es importante resaltar ciertos conceptos esenciales para el almacenamiento de desechos y residuos, los cuales se presentan a continuación:

Un depósito temporal es un almacenamiento de desechos peligrosos bajo condiciones controladas y ambientalmente seguras, sin que se contemple ninguna forma de tratamiento ni transformación inducida de los desechos almacenados.

Al hablar de una sustancia en cualquier estado físico, sólido, líquido o gaseoso que presenta características peligrosas o que está constituido por sustancias peligrosas que no conservan propiedades físicas ni químicas útiles y por lo tanto no puede ser reusado, reciclado, regenerado o utilizado de alguna manera, se habla de un desecho peligroso. Los desechos para los cuales no se prevén destino inmediato pueden liberarse accidentalmente al llegar a determinadas cantidades (crítica). Esto amerita la activación de medidas especiales de seguridad y tratamiento del área afectada.

La acumulación de desechos requiere ser almacenado temporalmente y posteriormente ser eliminado en forma permanente. Cuando se conoce la generación de un desecho peligroso, es necesario considerar la disposición final de este, el cual consiste en una operación que permite mantener minimizadas las posibilidades de migración de los componentes de un desecho peligroso al ambiente en forma permanente, de conformidad con las normas establecidas.

Los desechos, pueden eliminarse a través de un proceso de transformación de estos, cuyo objetivo no es el aprovechamiento de alguno de sus componentes, ni de su contenido energético, ni conducir a la recuperación de los elementos resultantes, como por ejemplo combustión.

Para el manejo de los desechos peligrosos, se requiere de una persona natural o jurídica autorizada para realizar cualquiera de las operaciones y actividades comprendidas en el manejo de dichos desechos (almacenamiento, envasado, transporte, tratamiento, eliminación y disposición final).

En muchas ocasiones, existe la presencia de un material peligroso recuperable, el cual éste presenta características peligrosas, que después de servir a un propósito específico todavía conserva propiedades físicas y químicas útiles y por lo tanto puede ser reusado, reciclado, regenerado aprovechado con el mismo propósito u otra forma diferente de aprovechamiento sin la necesidad de eliminarlo. A tal fin se requiere la recuperación de los materiales peligrosos en una serie de operaciones o procesos que comprenden la recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y transporte de materiales peligrosos.

La regeneración de sustancias como un proceso de reelaboración del material peligroso para restablecer las mismas características de éste en su estado original, es relevante en cuanto a la disminución en la producción de los desechos. Una última consideración de tratamiento de desechos peligrosos, es la realizada con la finalidad de reducir o anular alguna característica peligrosa del desecho, a los fines de facilitar su manejo.

## **4.2. GESTIÓN DE DESECHOS Y RESIDUOS GENERADOS EN EL LABORATORIO.**<sup>(26)</sup>

La creciente preocupación de los países desarrollados por la salud y el medio ambiente, junto a la influencia que sobre ambos ejercen los distintos tipos de desechos producidos por el hombre, obliga a una gestión lo más adecuada posible de los mismos para paliar sus efectos negativos.

Dentro de los desechos y residuos, uno de los tipos que más atención requiere, son los desechos producidos en los laboratorios. No debe olvidarse, que un desecho o residuo de laboratorio es una sustancia o un preparado que presenta características de toxicidad y peligrosidad cuya identificación o almacenamiento inadecuados constituye un riesgo añadido a los propios de la actividad del laboratorio. La gestión de este tipo de desechos y residuos presenta una problemática distinta a la de los desechos de origen industrial debido a que son desechos de escaso volumen, gran variedad y alta peligrosidad.

Por todo ello, resulta necesario incluir un programa de gestión de almacenamiento de desechos y residuos en el laboratorio, que permita una adecuada protección de la salud y del medio ambiente.

## **4.3. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS POR SU PELIGROSIDAD.**

En general toda sustancia química es peligrosa y bajo condiciones específicas, incluso la más inocua puede ser mortal. Existe un gran número de sustancias que puede ocasionar accidentes, lesiones o daños con gran facilidad y sin que se requiera una condición extrema o fuera de lo normal.

Existen diversas clasificaciones de materiales peligrosos basándose tanto en las normativas nacionales como internacionales.

Entre las normativas internacionales para la clasificación de materiales peligrosos podemos mencionar:

- ✓ Sistema de clasificación de las Naciones Unidas (UN)
- ✓ Sistema de clasificación de la Unión Europea(UE)
- ✓ Sistema para la Identificación de Riesgo de Incendio de Materiales Peligrosos. Norma NFPA 704M (Estados Unidos).
- ✓ Sistema Globalmente Armonizado (GHS).

Y entre las normativas nacionales para la clasificación y manejo de los materiales peligrosos podemos mencionar:

- ✓ COVENIN 3060“Materiales peligrosos. Clasificación, símbolos y dimensiones de señales de identificación”.
- ✓ Decreto 2635. Artículo 6. Gaceta Oficial Venezolana N° 5245. “Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos”.
- ✓ COVENIN 3059. Hojas de datos de seguridad de los materiales peligrosos.

Para la realización del manual de gestión de almacenamiento es necesario tomar en cuenta las normas nacionales competentes, sin embargo la mayoría de estas normas nacionales, no han sido actualizadas, por ende se recomienda considerar las normas internacionales (ONU) y NFPA 704 para la clasificación de materiales peligrosos, ya que estas se encuentran vigentes.

#### **4.3.1 Según la Norma COVENIN 3060 “Materiales Peligrosos, Clasificación, Símbolos y Dimensiones de Señales de Identificación”.<sup>(37)</sup>**

La Organización de las Naciones Unidas (NU) ha asignado un número de cuatro dígitos para identificar los materiales peligrosos y ha establecido una clasificación de peligros dividida en 9 grupos, algunos subdivididos de acuerdo al peligro que representan. Es importante destacar que el orden no indica el grado de peligro.

- ✓ Clase 1: Explosivos.
  - División 1.1. Explosivos con riesgo de explosión en masa.
  - División 1.2. Explosivos con riesgo de proyección.
  - División 1.3. Explosivos con riesgo predominante de incendio.
  - División 1.4. Explosivos sin riesgo significativo de explosión.
  - División 1.5. Explosivos, muy insensibles agentes explosivos.
  - División 1.6. Materiales detonantes extremadamente insensibles.
  
- ✓ Clase 2: Gases.
  - División 2.1. Gases inflamables.
  - División 2.2. Gases comprimidos no inflamables, no tóxicos.
  - División 2.3. Gases tóxicos por inhalación.
  - División 2.4. Gases corrosivos.

- ✓ Clase 3: Líquidos inflamables.
  
- ✓ Clase 4: Sólidos inflamables, materiales espontáneamente combustibles y materiales peligrosos al humedecerse.  
División 4.1. Sólidos inflamables.  
División 4.2. Materiales espontáneamente combustibles.  
División 4.3. Materiales peligrosos al humedecerse.
  
- ✓ Clase 5: Oxidantes y Peróxidos orgánicos.  
División 5.1. Oxidantes  
División 5.2. Peróxidos orgánicos.
  
- ✓ Clase 6: Materiales tóxicos y sustancias infecciosas.  
División 6.1. Materiales tóxicos.  
División 6.2 Sustancias infecciosas.
  
- ✓ Clase 7: Materiales radiactivos.
  
- ✓ Clase 8: Materiales corrosivos: Ácidos y álcalis.
  
- ✓ Clase 9: Materiales peligrosos misceláneos.

#### **4.3.2 Según las Naciones Unidas (NU).<sup>(40)</sup>**

A pesar de que la COVENIN 3060 se basa en la clasificación según las Naciones Unidas, esta no ha sido actualizada, por lo tanto, es recomendable considerar la clasificación vigente que se encuentra en la FONDONORMA 2670-2012 “Guía de Respuesta en caso de Emergencias con Materiales Peligrosos” donde establece que en la clase 1, que corresponde a los explosivos, la subdivisión 1.6 es nombrada “Artículos extremadamente inflamables” y en la clase 2, correspondiente a los gases, pasa de tener 4 subdivisiones a tener solo 3, quedando de la siguiente manera:

##### **Clase 2: Gases.**

2.1 Gases inflamables.

2.2 Gases no inflamables, no tóxicos.

2.3 Gases tóxicos.

Uno de los ejemplos dados en la literatura científica, que presenta esta clasificación se observa en la Figura 1.



Figura 1. Ejemplo de Pictograma de las Naciones Unidas I. <sup>(41)</sup>

#### 4.3.3 Según la Unión Europea (UE). <sup>(42)</sup>

El sistema se utiliza principalmente, en el almacenamiento de productos químicos dentro de los laboratorios para el etiquetado de frascos y contenedores. A continuación se presenta la clasificación:

- a. Por propiedades fisicoquímicas.
- b. Por efectos sobre la salud.
- c. Por efectos sobre el medio ambiente.

##### a.- Propiedades fisicoquímicas.

- ✓ Explosivos (E).

- ✓ Oxidantes y Comburentes (O).
- ✓ Extremadamente Inflamables (F ++).
- ✓ Fácilmente Inflamables (F +).
- ✓ Inflamables (F): las sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo.

b.- Efectos sobre la salud.

- ✓ Muy Tóxicos (T +).
- ✓ Tóxicos (T).
- ✓ Nocivos (Xn).
- ✓ Corrosivos (C).
- ✓ Irritantes (Xi).
- ✓ Sensibilizantes.
- ✓ Mutagénicos.
- ✓ Carcinogénicos.
- ✓ Tóxicos para la Reproducción.

c.- Efectos sobre el medio Ambiente.

Peligrosos para el medio ambiente (N).

La clasificación según la Norma Europea se ve graficada en la Figura 2



Figura 2. Ejemplo de Pictograma de Unión Europea (UE).<sup>(43)</sup>

**4.3.4 Según el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (GHS).<sup>(44)</sup>**

Ofrece un conjunto de criterios armonizados sobre los peligros de las sustancias químicas. Estos criterios se utilizan en las etiquetas y las fichas de datos de seguridad (MSDS) para informar de los peligros. Tras una labor técnica intensiva para acordar los criterios armonizados, se adoptó el **GHS** en 2002. En la actualidad, el **GHS** puede utilizarse en todo el mundo.

Donde los criterios armonizados permiten:

- a) Clasificar las sustancias químicas por el peligro que entrañan y
- b) Etiquetarlas mediante declaraciones y pictogramas de peligro normalizados.

La aplicación del **GHS** ya se ha iniciado: países piloto de diversas regiones del mundo han incorporado el sistema a sus prácticas nacionales. Si se presta el suficiente apoyo a la formación y a la asistencia técnica, lo más probable es que se produzca la incorporación generalizada tanto del **GHS** como de los mecanismos eficaces de comunicación de riesgos a las infraestructuras nacionales jurídicas y técnicas.

Esta clasificación parte del reglamento europeo donde ya incorpora los criterios del GHS de clasificación y etiquetado de productos químicos adoptado en la Escala Internacional en el Marco de las Naciones Unidas. Por ende es indispensable considerar ambos sistemas, es decir, el de la Unión Europea y el GHS que se fundamenta de este, en el etiquetado y envasado de sustancias peligrosas (desechos y residuos) ya que en muchos países aun utilizan el sistema de clasificación de la Unión Europea mientras se adaptan al nuevo sistema del GHS.

A continuación se muestra en la Figura 3 el nuevo sistema que plantea el GHS para la clasificación y etiquetado de materiales peligrosos adoptado del reglamento de las Naciones Unidas.



Figura 3. Pictogramas de peligro y ejemplo sobre clases de peligro según la clasificación del GHS. <sup>(44)</sup>

**4.3.5. Según el Decreto 2635. Artículo 6, Gaceta Oficial N 5245 de Venezuela, "Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos". <sup>(26)</sup>**

- ✓ Explosivos (H1): Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.
- ✓ Gases a presión (H2): Inflamable, no inflamable, venenosos o corrosivos.
- ✓ Líquidos inflamables (H3): Por líquidos inflamables se entiende a aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o

suspensión (por ejemplo pinturas, barnices, lacas, etc. Pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5 °C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada, no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias.

- ✓ Sólidos inflamables (H4.1): Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevaletientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
  
- ✓ Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea (H4.2): Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales de transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que puedan entonces encenderse.
  
- ✓ Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables (H4.3): Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
  
- ✓ Oxidantes (H5.1): Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.

- ✓ Peróxidos orgánicos (H5.2): Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente  $-O-O$  son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición auto acelerada exotérmica.
  
- ✓ Tóxicos (venenos) agudos (H6.1): Sustancias o desechos que puedan causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
  
- ✓ Sustancias infecciosas (H6.2): Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
  
- ✓ Materiales y desechos radioactivos (H7): Sustancias capaces de emitir continua y espontáneamente rayos capaces de atravesar medios opacos a la luz placas fotográficas y hacer a los gases conductores de electricidad.
  
- ✓ Corrosivos (H8): Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que en caso de fuga, puedan dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o puedan también provocar otros peligros.

- ✓ Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua (H10): Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, puedan emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
  
- ✓ Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos) (H11): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o penetrar en la piel, puedan entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinógena.
  
- ✓ Ecotóxicos (H12): Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o puedan tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
  
- ✓ Sustancias que puedan, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, (H13): Por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.

#### **4.3.6 Según COVENIN 3060 “Materiales Peligrosos. Clasificación, símbolos y dimensiones de señales de identificación.”<sup>(37)</sup>**

Según la norma se establece un sistema de identificación de riesgos, denominado *el rombo del riesgo*, el cual identifica los riesgos a la salud, la inflamabilidad, reactividad y riesgos relacionados que se presentan por la exposición aguda a corto plazo a un material bajo las condiciones de incendio, derrame, fuga, etc. Tal sistema es una adaptación de la Norma NFPA 704M de los Estados Unidos “Sistema para la Identificación de Riesgo de Incendio de Materiales Peligrosos” y hasta la fecha no ha sufrido modificaciones.

Este sistema ha establecido unos diagramas en forma de diamante para cada producto químico, a través de los cuales se puede obtener una información general y rápida de los riesgos inherentes a una sustancia en particular y el nivel de severidad que presenta bajo condiciones de emergencia, tales como escapes, derrames o incendios.

El diagrama que se presenta en esta normativa identifica la sustancia química, usando una graduación de 0 a 4, por sus efectos sobre la SALUD (en fondo azul), su grado de INFLAMABILIDAD (en fondo rojo) y su potencial de REACTIVIDAD (en fondo amarillo).

La calificación de 4, indica un riesgo severo de muerte o lesión residual para las personas, alta potencialidad de incendio bajo cualquier condición y capacidad para detonar o sufrir descomposición explosiva por impactos o por mezcla con otra sustancia.

Un ejemplo del diagrama de riesgo para cada sustancia química según la Norma NFPA 704 se presenta en la siguiente Figura 4.



Figura 4. Diamante del fuego. <sup>(45)</sup>

La calificación 0 (cero) está destinada a materiales que no ofrecen peligros especiales para la salud, que no entran en ignición y que son normalmente estables aún expuestos al fuego y a la humedad. Las calificaciones de 3, 2 y 1 están destinadas a la identificación de sustancias que no son excesivamente peligrosas pero que si presentan riesgos para la salud, además de los riesgos de incendio y de reactividad que ameritan sus respectivos controles de seguridad.

En la siguiente Figura 5 puede observarse de forma más detallada las calificaciones destinadas a materiales peligrosos según la Norma NFPA 704.



Figura 5. Clasificación de riesgos (NFPA). <sup>(45)</sup>

#### 4.3.5 Hoja de datos de seguridad de los materiales según la Norma Venezolana 3059:2002. <sup>(46) (47)</sup>

Las Hojas de Datos de Seguridad (conocidas en inglés como Material Safety Data Sheets o MSDS), contienen información valiosa y detallada sobre las propiedades físicas y químicas de las sustancias, permiten conocer los riesgos potenciales para la salud y la seguridad y describen la forma de responder efectivamente en casos de situaciones de exposición normal o de emergencia.

Las Hojas de Datos de Seguridad del Material contienen información útil y deben estar al alcance de todos los trabajadores, usuarios y transportadores, por lo que es importante que estas personas aprendan a interpretar y aplicar sus datos, para convertirlas en herramientas efectivas en la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de origen químico.

El propósito de las MSDS es informarle al usuario según la Fondo Norma Venezolana 3059:2006:<sup>(48)</sup>

- ✓ La constitución química del material.
- ✓ Las propiedades físicas del material o los efectos rápidos sobre la salud que lo hacen peligroso de manejar.
- ✓ El nivel de equipos de protección que se deben usar para trabajar de forma segura con el material
- ✓ El tratamiento de primeros auxilios que se debe suministrar si alguien queda expuesto al material.
- ✓ La planificación por adelantado necesaria para manejar con seguridad los derrames, incendios y operaciones cotidianas.
- ✓ Cómo responder en caso de un accidente.

Existen 9 categorías de información que deben estar presentes en cada MSDS. Estas son: <sup>(48)</sup>

- ✓ Identificación química.
- ✓ Información sobre el fabricante.
- ✓ Ingredientes peligrosos.
- ✓ Propiedades físicas y químicas.
- ✓ Información sobre peligros de incendio y explosión.

- ✓ Información sobre su reactividad.
- ✓ Información sobre peligros a la salud.
- ✓ Precauciones para uso y manejo seguros.
- ✓ Control de la exposición y protección personal.

#### **4.4. INCOMPATIBILIDADES QUÍMICAS.** <sup>(49)</sup>

En algunas situaciones la mezcla de sustancias químicas puede ser peligrosa. La mejor manera de evitar esta situación consiste en separar las sustancias químicas cuando se consideren residuos. Como esta situación no es posible en la mayor parte de las ocasiones, entonces es fundamental que si se envasan varias sustancias químicas que se encuentran mezcladas en un recipiente, al menos estas deberán ser compatibles para prevenir reacciones indeseables. Es importante a la hora del envasado consultar las fichas de datos de seguridad del producto que se esté usando para confirmar las situaciones incompatibles.

Los materiales incompatibles químicamente, son aquellos que al ponerse en contacto entre sí sufren una reacción química descontrolada que puede resultar en:

- ✓ Emisión de gases tóxicos.
- ✓ Emisión de gases corrosivos o inflamables.
- ✓ Formación de líquido corrosivo.
- ✓ Reacción explosiva.
- ✓ Reacción exotérmica.
- ✓ Explosión / Incendio.
- ✓ Generación de gases que puedan romper el recipiente contenedor.
- ✓ Calentamiento de sustancias que inicie una descomposición o reacción descontrolada.

- ✓ Deterioro de contenedores (envases, etiquetas, etc.).

#### **4.4.1 Separación entre familias de productos incompatibles en almacenamiento.** <sup>(49)</sup>

Las separaciones se hacen, en función del tamaño del almacén, bien por el sistema de islas o bien por estanterías. El sistema de islas consiste en dedicar una serie de estanterías a una familia determinada, por ejemplo, ácidos, y situarlas agrupadas de manera que a su alrededor queden pasillos. De esta manera, un almacén puede quedar constituido por diversas islas, dedicadas cada una de ellas a una familia, y los reactivos inertes agrupados todos ellos en estanterías a lo largo de una de las paredes.

Dependiendo de la cantidad del material, puede obviarse el sistema de islas y disponer las estanterías a lo largo de las paredes, e intercalar sustancias inertes entre sustancias incompatibles. Así, por ejemplo, los ácidos se recogerán en una serie de estantes en vertical, de esta manera se tiene ocupada una columna para los ácidos. Junto a esta columna se dispone otra de inertes, o bien con materiales como lana de fibra de vidrio, soluciones valoradas, etc. Y, a continuación, la columna de bases. De esta manera, y sin pérdidas de espacio, se ha establecido una separación conveniente entre ácidos y bases.

Esto se puede observar gráficamente en la Figura 6 que se presenta a continuación:

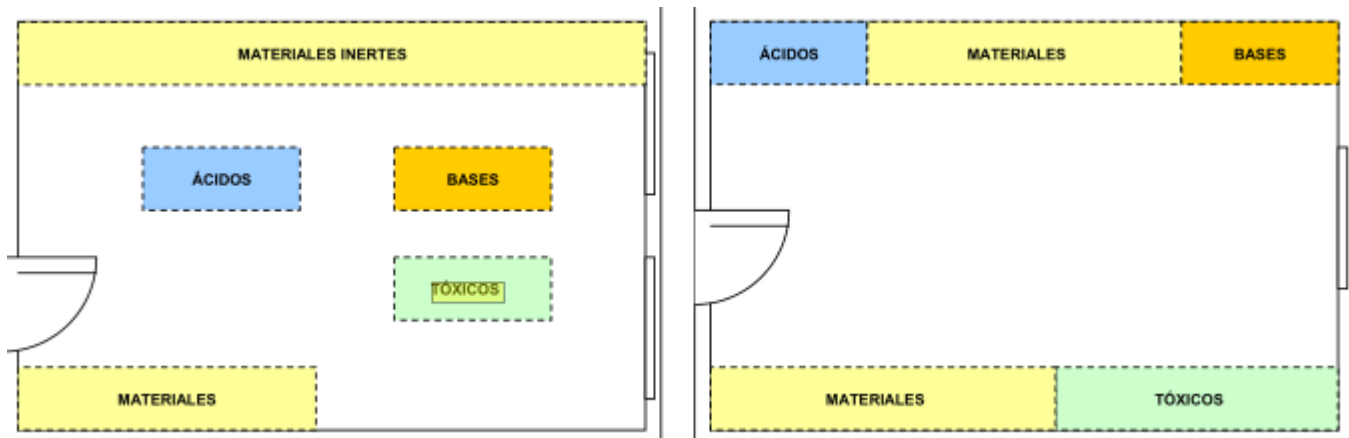


Figura 6. Ejemplo de separación entre productos incompatibles en un almacén. <sup>(50)</sup>

*Según el Decreto 2635 para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos, muestra que los materiales y desechos están ordenados atendiendo su afinidad reactiva en nueve grupos. Los cuales son.*<sup>(26)</sup>

#### GRUPO N° 1

- ✓ Lodos de acetileno.
- ✓ Líquidos cáusticos alcalinos.
- ✓ Limpiadores alcalinos.
- ✓ Fluidos alcalinos corrosivos de batería.
- ✓ Agua cáustica residuales

- ✓ Lodos calizos y otros álcalis corrosivos.
- ✓ Aguas residuales calizas.
- ✓ Calizas y agua.
- ✓ Residuos cáusticos, etc.

## GRUPO Nº 2

- ✓ Lodos ácidos.
- ✓ Ácido y agua.
- ✓ Acido de batería.
- ✓ Limpiadores químicos.
- ✓ Electrolito ácido.
- ✓ Lechada ácida o solvente.
- ✓ Licor y otros ácidos corrosivos.
- ✓ Residuos ácidos.
- ✓ Mezcla de residuos ácidos.
- ✓ Residuo de ácido sulfúrico.

- ✓ Aguas fuertes del vidrio, etc.

### GRUPO N°. 3

- ✓ Aluminio.
- ✓ Berilio
- ✓ Calcio.
- ✓ Potasio y Magnesio.
- ✓ Cinc en polvo.
- ✓ Sodio.
- ✓ Otros metales e hidruros reactivos.
- ✓ Aguas de biodegradación de lodos conteniendo carga orgánica o metales pesados contaminantes.
- ✓ Catalizador gastado de Antimonio en la producción de Fluorometano.
- ✓ Catalizador gastado de Cloruro de Mercurio, etc.

## GRUPO N°4.

- ✓ Agua.
  
- ✓ Alcoholes usados no halogenados: cresoles, ácido cresílico, nitrobenzeno, metanol, tolueno, metiletilcetona, metilisobutilcetona, disulfuro de carbono, isobutanol, piridina, xileno, acetona, acetato de etilo, etilbenzeno, éter etílico, alcohol-N-butílico, ciclohexanona.

## GRUPO N° 5.

- ✓ Cualquier residuo concentrado de los grupos 1 ó 2.
  
- ✓ Calcio.
  
- ✓ Litio.
  
- ✓ Hidruros metálicos.
  
- ✓ Potasio.
  
- ✓ Cloruro de silicio, otros hidruros, cloruro de fósforo, cloruro de tionilo, otros tiocompuestos.
  
- ✓ Otros residuos reactivos en agua.

## GRUPO N°6.

- ✓ Alcoholes y Aldehídos.
- ✓ Hidrocarburos halogenados.
- ✓ Hidrocarburos nitrados.
- ✓ Hidrocarburos no saturados.
- ✓ Otros compuestos orgánicos y solventes reactivos, etc.

## GRUPO N° 7.

- ✓ Soluciones de cianuro y sulfuro.
- ✓ Residuo del centrifugado en la producción de diisocianato de tolueno.
- ✓ Residuo de los procesos de flotación selectiva en las operaciones de recuperación de metales a partir de minerales.
- ✓ Sedimentos de los residuos de laguna de tratamiento de aguas de cianuración en las operaciones de recuperación de metales a partir de minerales.
- ✓ Sedimentos de los residuos de la laguna de tratamiento de aguas de cianuración en las operaciones de recuperación de metales a partir de minerales, etc.

## GRUPO N°8.

- ✓ Cloro.
- ✓ Percloratos.
- ✓ Cloritos.
- ✓ Permanganatos.
- ✓ Peróxidos.
- ✓ Acido crómico.
- ✓ Hipocloritos.
- ✓ Nitratos.
- ✓ Otros agentes oxidantes fuertes, etc.
- ✓ Ácido nítrico fumante.
- ✓ Cloratos.

## GRUPO N°. 9.

- ✓ Lodos ácidos acéticos y otros ácidos orgánicos.

- ✓ Residuos del grupo 3.
- ✓ Residuos del grupo 6.
- ✓ Otros residuos inflamables y combustibles.
- ✓ Residuo de filtración del ácido dietilfosfórico en la producción de forato.

Estos datos se ven esquematizados en la Figura 7 cuyo código de reactividad son:

Grupo Reactivo	1								
1		2							
2	HS		3						
3	E, gf S	E, gf, S		4					
4	H,gt, F,E,gf	H,gt, F,E,gf			5				
5				H,F, E		6			
				gf,gt					
6	H,F,E	H,F,E	H,F, E				7		
7		gt.						8	
8			H,F, E			H,F, E			9
9								H,F,E	
Grupo Reactivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9



Figura 7. Tabla de incompatibilidades químicas de los grupos según el Decreto 2635  
(26)

Cada grupo reactivo presenta su código de reactividad el cual se observa en la Tabla 1. <sup>(26)</sup>

<b>CÓDIGO</b>	<b>CONSECUENCIA DE REACCIÓN</b>
<b>H</b>	Genera calor por reacción química
<b>F</b>	Produce fuego por reacciones exotérmicas violentas y por ignición de mezclas o productos de la reacción.
<b>G</b>	Genera gases en grandes cantidades y puede producir presión y ruptura de los recipientes cerrados.
<b>gt</b>	Genera gases tóxicos.
<b>gf</b>	Genera gases inflamables.
<b>E</b>	Produce explosión debido a reacciones extremadamente vigorosas o suficientemente exotérmicas para detonar compuestos inestables o productos de reacción.
<b>p</b>	Produce polimerización violenta, generando calor extremo y gases tóxicos e inflamables.
<b>S</b>	Solubilización de metales y compuestos metales tóxicos
<b>D</b>	Produce reacción desconocida. Sin embargo, debe considerarse como incompatible la mezcla de los residuos correspondientes a este código; hasta que se determine la reacción específica

Tabla 1. Código de Reactividad de Materiales Peligrosos, Decreto 2635 <sup>(26)</sup>.

Diferentes esquemas de incompatibilidades se encuentran en la literatura científica. Una de ellas se presenta en la Figura 8.

					
	+	-	-	-	+
	-	+	-	-	-
	-	-	+	-	+
	-	-	-	+	0
	+	-	+	0	+

<b>+</b>	Se pueden almacenar juntos
<b>0</b>	Solamente podrán almacenarse juntos, adoptando ciertas medidas
<b>-</b>	No deben almacenarse juntos

Figura 8. Ejemplo cuadro de Incompatibilidades Químicas de Sustancias Peligrosas.

(51)

En la literatura pueden hallarse distintos cuadros de reactividad entre productos químicos, como también reacciones peligrosas de ácidos y tablas de incompatibilidades químicas entre diversas sustancias químicas que son útiles en el momento de realizar la gestión de almacenamiento. Esto puede observarse claramente en las Figuras 9 y 10 que se muestran a continuación.

**Reacciones peligrosas de los ácidos**

REACTIVO	REACTIVO	SE DESPRENDE
Ácido clorhídrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfuros</li> <li>• Hipocloritos</li> <li>• Cianuro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfuro de hidrógeno</li> <li>• Cloro</li> <li>• Cianuro de hidrógeno</li> </ul>
Ácido nítrico	Algunos metales	Dióxido de nitrógeno
Ácido sulfúrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido fórmico</li> <li>• Ácido oxálico</li> <li>• Alcohol etílico</li> <li>• Bromuro sódico</li> <li>• Cianuro sódico</li> <li>• Sulfoamuro sódico</li> <li>• Yoduro de hidrógeno</li> <li>• Algunos metales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monóxido de carbono</li> <li>• Monóxido de carbono</li> <li>• Etano</li> <li>• Bromo y dióxido de azufre</li> <li>• Monóxido de carbono</li> <li>• Sulfuro de carbonilo</li> <li>• Sulfuro de hidrógeno</li> <li>• Dióxido de azufre</li> </ul>

**Sustancias fácilmente peroxidables**

- Compuestos alílicos
- Compuestos diénicos
- Compuestos isopropílicos
- Compuestos vinilacetilénicos
- Compuestos vinílicos
- Isopropilbeneno, estireno, tetrahidronaftaleno
- Éteres
- Halogenuros
- N-alquilamidas, ureas

**Reactividad entre productos químicos**

Compuestos que reaccionan violentamente con el agua	Compuestos que reaccionan violentamente con el aire o con el oxígeno (inflamación espontánea)	Grupos de sustancias incompatibles
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácidos fuertes anhídros</li> <li>• Alquilmetales y metaloides</li> <li>• Amiduros</li> <li>• Anhídridos</li> <li>• Carburos</li> <li>• Fluor</li> <li>• Fosfuros</li> <li>• Halogenuros de ácido</li> <li>• Halogenuros de acilo</li> <li>• Halogenuros inorgánicos anhídridos (excepto alcalinos)</li> <li>• Hidroxidocalcinos</li> <li>• Hidruros</li> <li>• Imiduros</li> <li>• Metales alcalinos</li> <li>• Óxidos alcalinos</li> <li>• Peróxidos inorgánicos</li> <li>• Silicuros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alquilmetales y metaloides</li> <li>• Arsinas</li> <li>• Boranos</li> <li>• Focinas</li> <li>• Fósforo blanco</li> <li>• Fosfuros / hidruros</li> <li>• Metales carbonilados</li> <li>• Metales finamente divididos</li> <li>• Nitruros alcalinos</li> <li>• Silenos</li> <li>• Silicuros</li> </ul>	<p>Materia inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquilmetales, aluminio, magnesio y circonio en polvo</p> <p>Nitratos, halógenos, óxidos, peróxidos, fluor</p> <p>Bases fuertes</p> <p>AZÚCAR, celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos, sulfocianuros</p>
	<b>Oxidantes con:</b>	
	<b>Reductores con:</b>	
	<b>Ácidos fuertes con:</b>	
	<b>Ácido sulfúrico con:</b>	

Figura 9. Reactividad entre productos químicos. (52).

SUSTANCIA QUÍMICA	INCOMPATIBILIDADES	SUSTANCIA QUÍMICA	INCOMPATIBILIDADES
Hipocloritos	Ácidos, carbono activo.	Permanganato potásico	Cobre, cromo, hierro, la mayoría de los metales o sus sales, alcoholes, acetona, materiales orgánicos, anilina, nitrometano y materiales combustibles.
Líquidos inflamables	Nitrato amónico, ácido crómico, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, peróxido sódico, halógenos.	Peróxido de hidrógeno	Alcohol etílico y metílico, ácido acético glacial, anhídridoacético, benzaldehído, disulfuro de carbono, glicerina, etilenglicol, acetato de etilo y de metilo, furtural.
Materiales de arsénico	Algunos agentes reductores.	Peróxido sódico	Ácidos orgánicos e inorgánicos.
Mercurio	Acetileno, ácido fulmínico y amoniaco.	Peróxidos orgánicos	Acetileno, ácido oxálico, ácido tartárico, compuestos amónicos, ácido fulmínico.
Metales alcalinos y alcalinotérreos	Agua, tetracloruro de carbono, hidrocarburos clorados, dióxido de carbono y halógenos.	Potasio	Agentes reductores.
Nitrato amónico	Ácidos, polvo de metales, líquidos inflamables, compuestos de cloro, nitritos, azufre, materiales orgánicos combustibles finamente divididos.	Seleniuros	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono, agua.
Nitratos	Ácido sulfúrico, nitrato amónico y otras sales de amonio.	Sodio	Ácido nítrico fumante y gases oxidantes.
Nitrito sódico	Ácidos.	Sulfuro de hidrógeno	Ácidos.
Nitritos	Bases inorgánicas y aminas.	Sulfurosos	Agentes reductores.
Nitroparafinas	Agua.	Teluros	Sodio.
Óxido cálcico	Aceites, grasas e hidrógeno; líquidos, sólidos o gases inflamables.	Tetracloruro de carbono	Acetileno, amoniaco (acuoso o anhidro), hidrógeno.
Oxígeno	Ácido sulfúrico y otros ácidos. Ver también clorados.	Perclorato potásico	Glicerina, etilenglicol, benzaldehído, ácido sulfúrico.

Figura 10. Tabla de incompatibilidades de Sustancias Químicas. (53)

## **4.5. ALMACENAMIENTO DE DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS.** <sup>(54)(26)</sup>

*Según el Decreto 2635, CAPITULO II del Almacenamiento*

Es la actividad de reservar, reunir, conservar en un depósito temporal: bodegas, almacenes o contenedores, los residuos y desechos peligrosos y no peligrosos, con carácter previo a su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final.

Las áreas destinadas para este fin deben estar aisladas de cualquier fuente de calor o ignición. Los recipientes fijos donde se almacenen estas sustancias deben escogerse tomando en cuenta las características y propiedades físicas, químicas de los residuos generados. El área de almacenamiento debe estar demarcada e identificada, con acceso restringido sólo a las personas autorizadas, indicando con los símbolos correspondientes el peligro que presentan dichos materiales.

El material debe mantenerse protegido de la intemperie, para que no sea factible su arrastre por el viento, ni el lavado con la lluvia; se deberá contar con sistemas de drenaje que conduzcan a un tanque de almacenamiento de vertidos y con el sistema de tratamiento correspondiente.

### **4.5.1 Disposición de recipientes en las estanterías.** <sup>(55)</sup>

La forma de disponer los diferentes reactivos en los estantes de la estantería correspondiente puede seguir los siguientes criterios:

- ✓ Los envases pesados se colocarán en los estantes inferiores, así como los ácidos y las bases fuertes, que ocuparán espacios en un nivel más bajos cuanto más agresivos sean.
  
- ✓ Los reactivos inertes pueden agruparse de la manera más adecuada para facilitar su localización.
  
- ✓ Distanciar los reactivos sensibles al agua de posibles conducciones de ésta y de las materias inflamables.
  
- ✓ En definitiva, la separación responde a la eliminación de riesgos fundamentada en un criterio lógico teniendo en cuenta la reactividad de las diferentes sustancias.
  
- ✓ Debe hacerse una mención especial a los productos peroxidables (éter etílico, éter isopropílico, dioxano, etc.). Estos compuestos pueden peroxidarse en contacto con el aire y provocar detonaciones en operaciones de evaporación o destilación, si aumenta su temperatura, al combinarse, por choque o fricción, etc.

#### **4.6. ENVASADO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS.**

Para almacenar y transportar de forma segura una sustancia química, la medida prioritaria que se debe tener en cuenta es la selección de un recipiente

adecuado. Hay que pensar en la idoneidad del envase en función del tipo de sustancia que contendrá (corrosiva, inflamable, nociva o tóxica) y del destino previsto (zonas exteriores, almacenes, laboratorios, lugares de trabajo, etc.).

En el manejo de materiales peligrosos se utilizan diferentes envases: <sup>(56)</sup>

#### **4.6.1 Envases de vidrio.**

Es un material duro, frágil y transparente que se obtiene por fusión a unos 1.500°C de arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y caliza ( $\text{CaCO}_3$ ).

##### Características:

- ✓ Es ideal para ser reutilizado pues resiste temperaturas de hasta 150° C, lo que facilita el lavado y la esterilización.
- ✓ En el proceso de producción los envases de vidrio utilizan mucha energía. En la fase de distribución los envases de vidrio tienen un alto costo energético de transporte, pues estos envases son de los más pesados.
- ✓ Es 100 % reciclable, no perdiéndose material ni propiedades en este proceso y posibilitando un importante ahorro de energía con relación a la producción.
- ✓ Se estima que una botella de vidrio demora cientos de años en ser depurada por la naturaleza.
- ✓ Es uno de los materiales más costosos.

- ✓ Su manipulación acarrea cierta peligrosidad porque se corren riesgos de rotura que pueden generar cortes y lastimaduras a distintas personas a lo largo del ciclo del vida del envase.
- ✓ Presenta limitación con respecto a determinados compuestos por ejemplo: ácido fluorhídrico.

#### **4.6.2. Envases de plástico.**

Son sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

Unas de las ventajas de los envases de plástico son la ligereza, flexibilidad, y buena inercia química. Su principal desventaja es que no es reciclable en un 100%.

*Los plásticos pertenecen a dos grupos llamados:*

Los termoplásticos que son polímeros que pueden cumplir un ciclo de calentamiento-fusión y enfriamiento-solidificación por acción de la temperatura repetidas veces sin sufrir alteraciones. Los cuales son: resinas celulósicas, polietilenos y derivados, derivados de caucho y proteína.

Los plásticos termoestables que son materiales que una vez que han sufrido el proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación, se convierten en materiales rígidos que no vuelven a fundirse. Los cuales son: poliésteres, baquelita, resinas epoxis y melaminicas, amino plásticos.

#### **4.7. ETIQUETADO DE MATERIALES PELIGROSOS.** <sup>(57)</sup>

El etiquetado de los materiales peligrosos, generados en los laboratorios permite identificar de forma rápida los residuos o desechos al momento de almacenarlos o realizar algún tratamiento específico, esto nos permite informar a los trabajadores y estudiantes cada uno de los riesgos de peligro que implican al momento de su manipulación, para así poder tomar precaución de trabajo y evitar daños a la salud o al ambiente.

Para realizar el etiquetado se realiza uso de símbolos de peligrosidad o pictogramas.

#### **4.8. TRATAMIENTO DE RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.** <sup>(58)(59)</sup>

Por tratamiento se entienden todas aquellas operaciones realizadas sobre los residuos y desechos peligrosos para disminuir o eliminar la toxicidad del mismo. Se realizan antes de la reutilización-reciclado o de la eliminación del desecho.

La reducción de la toxicidad de los desechos químicos peligrosos generados en los laboratorios puede venir dada por:

- ✓ Alteración de los constituyentes tóxicos del desecho o residuo a formas menos tóxicas o no tóxicas.
  
- ✓ Disminución de la concentración de constituyentes tóxicos en el desecho o residuo, mediante técnicas diferentes a la dilución. Los pasos de tratamiento están incluidos como parte del procedimiento de laboratorio (por ejemplo en el mismo laboratorio donde y cuando los subproductos son generados) previniendo la inclusión de subproductos en la regular corriente de residuos.

Los residuos de laboratorio son usualmente mezclas, soluciones contaminadas y sustancias, e agentes químicos inusuales. Las siguientes representan algunas opciones de reducción de residuos químicos que, si se utilizan, podrían reducir significativamente la cantidad o toxicidad de desechos químicos generados en laboratorio. El tipo de tratamiento a aplicar dependerá, 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.

Entre estos tratamientos se tienen:

#### **4.8.1 TRATAMIENTOS QUÍMICOS:** <sup>(58)</sup> <sup>(59)</sup>

Algunas de los procesos más empleados son:

- ✓ Neutralización de ácidos y bases.

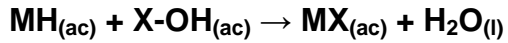
- ✓ Precipitación de metales pesados.
- ✓ Tratamiento de oxidantes con reductores.
- ✓ Hidrólisis.
- ✓ Extracción química.
- ✓ Intercambio iónico.

La elección de tratamiento debe ser hecha en función de conocer bien el tipo de residuos y desechos que se va a manejar y del objetivo que se pretenda alcanzar con el tratamiento. Si la tecnología es ambientalmente segura, los residuos podrán ser tratados sin crear otros productos peligrosos.

#### **4.8.1.1 Neutralización.**

Es el método más usado frecuentemente, para convertir el ácido o base generada como residuo, en residuos neutros, ya que el mismo promueve, la formación de las sales de ácido y bases, que fácilmente podrían ser descargados por los desagües, sin que estos sean fuentes de contaminación que perturben el ecosistema. Esta técnica aunque es sencilla puede presentar algunos problemas con la evolución de contaminantes volátiles, movilización de sustancias solubles, excesivo calor y corrosión.

Las soluciones acuosas de ácidos minerales se producen en grandes cantidades a partir de industrias químicas. Muchas provienen del tratamiento de metales como hierro, zinc, cobre, bario, níquel, cromo, cadmio, estaño y plomo. Estos ácidos son extremadamente corrosivos pero pueden ser neutralizados, y usualmente se utiliza cal como el álcali menos costoso en operaciones a gran escala.

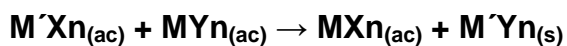


#### 4.8.1.2 Precipitación de metales pesados.

Son aquellas reacciones donde uno o más reactivos al combinarse genera un producto que es insoluble. Es empleada principalmente para la remoción de metales pesados del agua.

El problema con esta técnica es que, podría ocurrir una coprecipitación de impurezas, por sustancias que deberían permanecer disueltas, esto puede ser por adsorción superficial o porque iones extraños son incorporados a la misma red cristalina del precipitado.

Los efluentes del tratamiento de metales, a menudo contienen soluciones con distintos metales pesados tales como cobre, níquel o zinc. Estos pueden ser removidos con un exceso de una solución de cal o hidróxido de sodio para precipitarlos como compuestos insolubles en agua.

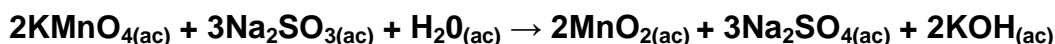


M' es el metal tóxico, M es el metal no tóxico, Yn y Xn son los aniones.

#### 4.8.1.3 Tratamiento de Oxidantes con Reductores.

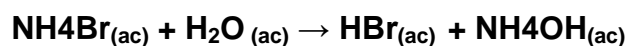
Implica la transferencia eléctrica, es decir, que para una reacción de este tipo necesariamente una especie química debe ceder electrones y otra debe aceptar esos electrones.

Para el tratamiento de residuos peligrosos mediante esta técnica, se añade un agente oxidante para oxidar los componentes de interés de los residuos, los cuales actúan como agentes reductores. Diferentes productos químicos pueden servir como agentes reductores, incluyendo; dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), sales de sulfito ( $\text{SO}_3^{-2}$ ), sales de bisulfito ( $\text{HSO}_3^-$ ) y sales ferrosas ( $\text{Fe}^{+2}$ ). Un ejemplo de este tipo de reacciones para el tratamiento se muestra a continuación:



#### 4.8.1.4 Hidrólisis.

Es una reacción química del agua con una sustancia. Entre las sustancias que pueden sufrir esta reacción se encuentran numerosas sales, que al ser disueltas en agua, sus iones constituyentes se combinan con los iones hidronio u oxonio, o bien con los iones hidroxilo, o ambos. Dichos iones proceden de la disociación del agua. Esto produce un desplazamiento del equilibrio de disociación del agua y como consecuencia se modifica el valor del pH. Un ejemplo de hidrólisis de sales se muestra a continuación:

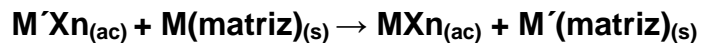


#### 4.8.1.5 Extracción química.

Permite la distribución selectiva de un compuesto peligroso entre dos líquidos inmiscibles, que suelen ser una fase orgánica no polar y una fase acuosa o alcohólica. Un ejemplo de esto resulta la extracción de bases orgánicas como aminas y anilinas con ácido como el acético.

#### 4.8.1.6 Intercambio iónico.

Permite la remoción de cationes y aniones en solución a través de una resina sólida, que puede ser regenerada por tratamiento con ácidos, bases o sales. Se emplea principalmente en la remoción de metales pesados en baja concentración de aguas de desecho.



#### 4.8.2 TRATAMIENTO FÍSICOS <sup>(60)</sup>:

Estos procesos incluyen tecnologías que pueden ser aplicadas en el reciclado y tratamiento de residuos peligrosos, como:

##### 4.8.2.1 Separación de fases.

Involucran la separación de componentes de una mezcla en dos fases diferentes. La sedimentación y la decantación se llevan a cabo con equipos sencillos y constituyen un ejemplo de esta técnica. En muchos casos la separación puede ayudarse por medios mecánicos como filtración y centrifugación.

#### **4.8.2.2 Transición de fases.**

El material cambia de una fase a otra:

- ✓ La destilación, que se emplea en el tratamiento y reciclaje de solventes, residuos de aceites, soluciones fenólicas acuosas, contaminación de xileno con parafina y mezcla de etilbenceno y estireno.
- ✓ La evaporación es empleada para remover agua de un desecho acuoso para concentrarlo.
- ✓ La precipitación física describe el proceso en el cual un sólido se forma de un soluto en solución como resultado de un cambio físico en la solución.

#### **4.8.2.3 Transferencia de fases.**

Consisten en la transferencia de un soluto en una mezcla, de una fase a otra. Un ejemplo es la extracción con solvente, en el que una sustancia es transferida de una solución de un solvente a otro sin que tenga lugar algún cambio químico. La mayor aplicación de esta técnica en el tratamiento de desechos es la remoción de fenol del agua de desecho de la industria del petróleo, el carbón y síntesis químicas que involucren fenol.

#### **4.8.2.4 La separación molecular.**

Está basada frecuentemente en procesos de membrana, en los cuales los contaminantes disueltos o solventes pasan a través de una membrana selectiva bajo presión.

## **4.9. REDUCCIÓN O MINIMIZACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS.** <sup>(61)</sup>

Con la reducción o minimización de la generación, se puede reducir, disminuir la peligrosidad y cantidad de materiales peligrosos producidos. Esta puede involucrar la modificación de un proceso, los cuales pueden ser de naturaleza química; cambios en las condiciones que permitan minimizar formación de subproductos como sustancias peligrosas, reemplazo de catalizadores peligrosos por unos menos dañinos o que puedan ser reciclados antes de descargarlos. También puede lograrse la minimización a través de la reducción de volumen.

A continuación se presenta dos tipos reducción y minimización de residuos:

### **4.9.1 Descarte del desecho.** <sup>(29)</sup>

Tomando en cuenta el Decreto 883, existen residuos químicos que pueden ser descartados al medio ambiente, ya sea:

4.9.1.1 Sin tratamiento (residuos no peligrosos). Son los residuos que pueden descargarse por los desagües, sin necesidad de ser previamente tratados, ya que no presentan ningún riesgo a la salud o contaminación al ambiente. Estos no deben excederse de ciertos límites en concentración para poder realizar algún descarte por el desagüe.

4.9.1.2 Con tratamiento (residuos peligrosos sin tratamiento). Son los residuos que para poderlos descargar por el desagüe, necesitan de un tratamiento previo utilizando los métodos físicos y químicos presentados anteriormente, ya que si no reciben dicho tratamiento, representan riesgo para la salud y ambiente.

## **5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

En los laboratorios de docencia de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias y en especial el Laboratorio de Analítica I, se generan acumulaciones de grandes cantidades de materiales peligrosos. Por sus características físicas y químicas los residuos y desechos por sus características químicas y físicas, representan un riesgo constante para la salud y el ambiente, lo cual está estrechamente ligado al almacenamiento temporal.

Los residuos químicos deben ser conocidos e identificados según su nivel de peligrosidad, sus efectos sobre la salud y el ambiente y sus propiedades físicas y químicas. Este conocimiento permite decidir adecuadamente el correcto manejo de los residuos y los posibles tratamientos que permitan la recuperación y disminución de peligrosidad de estos.

Por todas estas razones se requiere implementar una propuesta de almacenamiento, tratamiento y/o minimización de residuos que se generan en este laboratorio. Esta problemática crea la necesidad de proyectos de esta naturaleza que den soluciones implementando un sistema de gestión de riesgos.

## 5. OBJETIVOS.

### 6.1 Objetivo general.

Establecer una propuesta de Manual de Gestión de almacenamiento de residuos y desechos ubicados en los Laboratorios de Docencia de la Facultad de Ciencias haciendo énfasis en la segregación de residuos y desechos generados en el Laboratorio de Analítica.

### 6.2 Objetivos específicos.

- ✓ Presentar una revisión de las normativas que competen al tema tanto nacional como internacional.
- ✓ Caracterizar las condiciones iniciales de almacenamiento de los residuos y desechos generados en los Laboratorios de Docencia en la Facultad de Ciencias.
- ✓ Analizar los desechos y residuos generados en el Laboratorio de Analítica, con el fin de priorizar su almacenamiento para así minimizar el riesgo presente.
- ✓ Establecer un método de segregación de los residuos y desechos generados en el Laboratorio de Analítica.
- ✓ Evaluar los residuos y desechos establecidos en el Laboratorio de Analítica, escogiendo uno de ellos para minimizar su grado de peligrosidad.

- ✓ Plantear una distribución óptima de almacenamiento de los desechos y residuos producidos en los Laboratorios de Docencia de la Facultad de Ciencias.

## 6. METODOLOGÍA.

### Metodología General.

La metodología aplicada se esquematiza en la siguiente Figura 11:

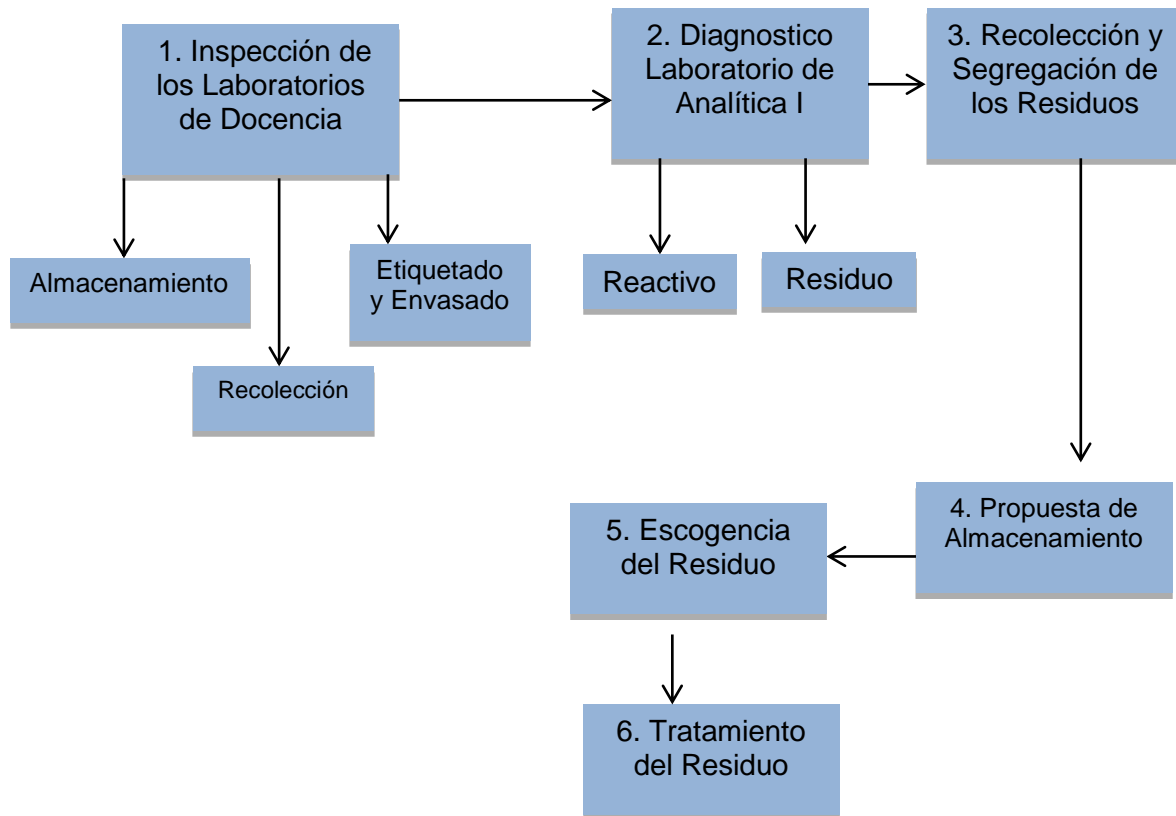


Figura 11. Metodología general aplicada.

### **7.1 Revisión de las normativas al tema nacional.**

Una vez finalizada la inspección se realizó una revisión de las normativas necesarias que sirvieron de soporte para establecer las recomendaciones para el mejoramiento de los Laboratorios de Docencia, las cuales son:

- ✓ Medio de Escape (NORMA COVENIN 810-1995).
  
- ✓ Sistema Extinción Portátil (NORMA COVENIN 1040-1989).
  
- ✓ Instalaciones Eléctricas (Código Eléctrico Nacional, COVENIN 200-1999).
  
- ✓ Colores, símbolos y dimensiones para señales de seguridad. (COVENIN 187-1992).
  
- ✓ Codificación Identificación de Tuberías (COVENIN 253-2006).
  
- ✓ Materiales Peligrosos. Guía de Respuesta de Emergencia a incidentes o accidentes (FONDO NORMA 2670-96).
  
- ✓ Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos.

## **7.2 Descripción de las condiciones iniciales de almacenamiento de los residuos y desechos formados en los Laboratorios de Docencia en la Facultad de Ciencias.**

Para describir las condiciones iniciales de los laboratorios de docencia, se realizó una inspección de cada uno de los laboratorios, depósitos y almacenes de la edificación tomando en cuenta la recolección, envasado y etiquetado de reactivos y residuos, medios de escape, etc. Estos laboratorios se utilizan para los estudiantes de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias, ubicada en Ciudad Universitaria de Caracas.

## **7.3 Evaluación de los desechos y residuos generados en el Laboratorio de Analítica I.**

El Laboratorio de Química Analítica I consta de 9 prácticas, 3 de ellas cualitativas y 6 cuantitativas, las cuales son:

### Cualitativas:

- ✓ Práctica 1: Cationes.
- ✓ Práctica 2: Aniones.
- ✓ Práctica 3: Muestra Sólida.

### Cuantitativas:

- ✓ Práctica 4: Calibración de instrumentos.
- ✓ Práctica 5: Titulaciones Ácido-Base.
- ✓ Práctica 6: Gravimetría.
- ✓ Práctica 7: Titulaciones Complejométricas.
- ✓ Práctica 8: Titulaciones Óxido-Reducción.
- ✓ Práctica 9: Potenciometría y Conductimetría.

La evaluación de los experimentos del laboratorio de Química Analítica I fue realizada en dos partes:

- ✓ Diagnóstico de los reactivos.
- ✓ Diagnóstico de residuos.

El diagnóstico se fundamentó en la identificación de la peligrosidad de todas las especies químicas puras o en mezclas, basándonos en la guía del laboratorio de Química Analítica I. Como herramienta para el análisis se utilizaron las hojas de seguridad <sup>(47)</sup> <sup>(48)</sup> de los compuestos presentes.

La información recolectada se presentó en tablas, divididas por prácticas en donde se identificaron todas las sustancias químicas presentes y su grado de peligrosidad según: la Naciones Unidas <sup>(40)</sup> y según el Decreto 2635<sup>(26)</sup> de la República Bolivariana de Venezuela, según corresponda.

#### **7.4 Recolección selectiva y segregada de los residuos que se generan en el Laboratorio de Analítica I, determinando los diferentes recipientes necesarios.**

Para una correcta gestión de residuos, se considera fundamental hacer una eficaz segregación de los mismos, en su lugar de origen. La correcta segregación de residuos da como resultado residuos de mayor pureza y con mayor posibilidad para su valorización. Por tanto para alcanzar una correcta segregación se debe <sup>(62)</sup>:

- ✓ Evitar poner en contacto residuos peligrosos con aquellos que no lo son.
- ✓ Separar adecuadamente y no mezclar los residuos peligrosos entre sí, ya que se aumenta la peligrosidad del residuo y dificulta su gestión.
- ✓ Disponer de los contenedores necesarios y específicos para cada tipo de residuo.

##### **7.4.1 Recipientes.**

Para la segregación de los residuos, se debe determinar el recipiente más adecuado, por ende se evaluaron los siguientes parámetros:

- ✓ Estado físico del residuo.

- ✓ Grado de peligrosidad.
- ✓ Cantidad de residuos producida.
- ✓ Material disponible.
- ✓ Resistencia del contenedor.
- ✓ Compatibilidad química del recipiente con el residuo.

#### **7.4.2 Recolección de residuos.**

Se realizó una evaluación previa de los residuos generados en el Laboratorio de Analítica I según su naturaleza química, grado de peligrosidad, incompatibilidades y cantidad generada, donde se exponen como podrían ser recolectados los residuos generados en cada uno de los experimentos .

Al recolectar los residuos se debe evitar tener mezclas incompatibles, es decir, los que reaccionen violentamente o exotérmicamente, los que generen subproductos inflamables o tóxicos y las mezclas que puedan reducir el potencial de reciclaje y reutilización de algunos residuos, durante la recolección.

Cada recipiente destinado para la recolección, se puede identificar mediante etiquetas, un modelo se presenta a continuación: <sup>(2)</sup>





 <b>ESCUELA DE QUÍMICA LABORATORIO DE DOCENCIA</b> 		
<b>LABORATORIO DE ANALÍTICA I</b>		
<p><b><u>Práctica N 9</u></b></p> <p><b>Titulaciones Potenciometrica</b></p> <p><b>CANTIDAD 1,3L</b></p> <p><b>RP-P-E 09-02</b></p> <p><b>QAI 1/2015</b></p> <p><b>Fecha generación:</b></p>	<p><b>RESIDUO</b></p> <p><math>Na^+ PO_4^{2-} OH</math> (SOLUCIÓN)</p>   <p><i>GHS05</i></p>	<p><b>H8. Corrosivos:</b> Sustancias o desechos que por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan o que en caso de fuga, puedan dañar gravemente o hasta destruir otras mercaderías o los medios de transporte, o pueden también provocar otros peligros.</p> <p><b>Peligros Químicos:</b> Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales de amonio Produciendo amoníaco, originando peligro de incendio</p>

Figura 12. Modelo de etiquetado utilizado para la identificación y recolección de los residuos generados en el laboratorio de Química Analítica I en los Laboratorios de Docencia.

En el caso de los residuos que se generan en el Laboratorio de Analítica I, el etiquetado se hace en base a la peligrosidad asociada a mezclas o a la peligrosidad más relevante, por ejemplo en el modelo mostrado en la Figura 12, la mezcla de residuos se encuentran en una solución básica, por lo tanto la peligrosidad que debe asociarse es a un residuo corrosivo.

Por último los recipientes provenientes de cada práctica deben ser recogidos y llevados al área de almacenamiento pre-temporal, en espera de traslado.

#### **7.4.3 Elaboración del inventario de los residuos.** <sup>(2)</sup>

Para elaborar el inventario y etiquetado de los residuos que se dispondrán en el almacenamiento de forma temporal, se determinaron los parámetros que fueron utilizados para la construcción de tablas:

Código del recipiente: posee los siguientes parámetros:

- ✓ **RP-P-E**, donde el código "RP" significa residuo peligroso, la letra "P" representa el número de la práctica y la letra "E" indica el número de experimento.
- ✓ **Q.AI-1/2015**, donde el código "Q.I II" significa el nombre del laboratorio donde se genera el residuo en este caso Química Analítica I, el número "1/2015" significa el semestre y año en que fue recolectado el residuo en este caso sería el primer semestre del año 2015.
- ✓ **Fecha generación**, fecha en la cual fue recolectado el residuo.

Este código estará ubicado en las etiquetas que posean cada recipiente que contengan los diferentes residuos. Donde la etiqueta está diseñada para la identificación de los residuos en el almacén temporal. De esta manera se puede ubicar los residuos de una forma más rápida y fácil obteniendo información de sus características de peligrosidad en el inventario.

Número de Práctica: este parámetro permite de manera sencilla identificar y ubicar el experimento ya que el mismo coincide con el expuesto en la guía de laboratorio de Química Analítica I.

Nombre de la experiencia: este parámetro se utiliza para identificar la práctica de donde proviene el residuo.

Fórmulas Químicas del residuo: este parámetro proporciona información de los compuestos presentes en el residuo.

Peso o volumen: este parámetro permite conocer las cantidades de residuo que se generan semestralmente.

Para la evaluación del grado de peligrosidad de los residuos y desechos se utilizaron las hojas de seguridad <sup>(47)</sup> <sup>(48)</sup> de los diferentes compuestos químicos, basándonos en el sistema de clasificación de los materiales peligrosos, según el Decreto 2635 <sup>(26)</sup>, Artículo 6 de la Gaceta Oficial No 5245 de Venezuela.

Nombre del Laboratorio y profesores encargados: este parámetro indica el lugar de generación de los residuos peligrosos y de las personas a cargo de esta área.

El inventario realizado para los residuos del Laboratorio de Analítica I, se puede observar en los anexos AN-4.

Basándonos en el diseño de los códigos para cada uno de los residuos generados se construyeron diagramas de segregación de cada práctica, el cual puede observarse en los anexos AN-5.

## **7.5 Evaluación los residuos y desechos establecidos en el Laboratorio de Analítica I**

Los laboratorios generan grandes cantidades de residuos, los cuales pueden contener una complejidad de características muy diferentes y producir cantidades variables de sustancias, estos aspectos tienen que ser muy bien revisados en el momento que deseemos manipular los residuos para intentar realizar una recuperación y reutilización en el mismo laboratorio.

Para determinar la escogencia del residuo a tratar se establecieron los siguientes parámetros:

- ✓ Volumen de residuos generados.
- ✓ Peligrosidad del residuo o mezcla de residuos.
- ✓ Viabilidad (Posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización, costo del tratamiento y de otras alternativas).

Los parámetros señalados anteriormente fueron los que permitieron realizar la transformación de lo cualitativo a lo cuantitativo para dar prioridad a la la escogencia del residuo a tratar, construyendo una matriz con distintas ponderaciones para cada uno de estos. Ésta es una matriz dinámica elaborada para este laboratorio en específico y para las condiciones de volúmenes y peligrosidad que estas representan, es decir, que pueden reevaluarse si uno de estos parámetros variase.

A continuación se muestra los parámetros con sus ponderaciones para finalmente obtener el factor de selección del residuo a tratar:

- ✓ Peligrosidad del residuo o mezcla de residuos:

Grupo según Decreto 2635 y ONU	
H8	8
H6	6
H12	N/A

Tabla 2. Parámetro de peligrosidad para la escogencia del residuo a tratar.

La evaluación de los grados de peligrosidad asociados a los residuos que se generan en el Laboratorio de Analítica I, permitió determinar a través de un universo de sustancias la clasificación de estas en tres categorías: sustancias corrosivas, tóxicas y ecotóxicas. En base a esta información se construyó la siguiente tabla con sus respectivas ponderaciones:

Parámetro			
Peligrosidad	Alta	Moderada	Baja
		5	3

Tabla 3. Ponderación del parámetro de peligrosidad para la escogencia del residuo a tratar.

Para determinar la ponderación adecuada para cada residuo, se tomó como factor importante la probabilidad de derrames dentro de un almacén. A los residuos corrosivos se le asignó una ponderación alta (5), ya que estos al ser almacenados tienden a ser más propicios a deteriorar el recipiente ocasionando derrames siendo liberados al ambiente por su característica de corrosividad.

La siguiente ponderación media (3) se le asignó a las sustancias tóxicas debido a que estas pueden generar un peligro inmediato en el momento que el operador entre en contacto con las mismas. Finalmente se le asignó una ponderación baja (1) a las sustancias ecotóxicas, debido a que estas representan un riesgo al ambiente solo si son liberadas.

El análisis de la determinación de las cantidades aproximadas que se generan en el Laboratorio de Analítica I semestralmente en cada una de las experiencias y prácticas realizadas, nos permitió determinar las ponderaciones de cantidades en volúmenes y en peso.

A través de un promedio de las cantidades que se generan en el Laboratorio de Analítica I previamente estimadas, se realizó la construcción de la siguiente tabla con sus respectivas ponderaciones:

- ✓ Cantidad (volumen o peso) de residuos generados:

Cantidad	Volumen(L)	Peso(gr)
Alta	>5	>50

Moderada	$\leq 5 > 2$	$\leq 50 > 30$
Baja	$\leq 2$	$\leq 30$

Tabla 4. Parámetro de cantidad para la escogencia del residuo a tratar.

Parámetro			
Cantidad	Alta	Moderada	Baja
	5	3	1

Tabla 5. Ponderación del parámetro de cantidad para la escogencia del residuo a tratar.

- ✓ Viabilidad del tratamiento (posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización, costo del tratamiento y de otras alternativas).

<b>Viabilidad</b>	
<b>Viable</b>	Costo y método aplicables.
<b>Poco viable</b>	Método aplicable pero costo elevado
<b>No viable</b>	Costo elevado. Método no aplicable. Inexistencia de equipos dentro del Laboratorio. Concentraciones de iones muy bajas en el residuo.

Tabla 6. Parámetro de viabilidad para la escogencia del residuo a tratar.

<b>Viabilidad</b>	<b>Ponderación</b>
Viable	5
Poco viable	3
No viable	1

Tabla 7. Ponderación del parámetro de viabilidad para la escogencia del residuo a tratar.

Para determinar las ponderaciones del parámetro de viabilidad, se tomaron como herramienta aquellos métodos de bajos costos y aplicables, es decir, que el tratamiento realizado genere residuos de menor peligrosidad que el inicial y que puedan reutilizarse, asignándole una ponderación de (5). En cambio para aquellos métodos que sean pocos viables, es decir, que representen un alto costo se le asignó una ponderación de (3). Y finalmente para aquellos métodos que constituyan un alto costo, no presenten existencia de equipos dentro del laboratorio y contengan iones de concentraciones inocuas, se le asignó una ponderación de (1).

## **7.6 Realización de una distribución óptima de almacenamiento de los desechos y residuos producidos en los Laboratorios de Docencia de la Facultad de Ciencias.**

La propuesta de almacenamiento temporal se realizó en base al Decreto 2635 <sup>(26)</sup> “Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos”, en el CAPÍTULO II sección de almacenamiento y transporte en su Artículo 16 define que: El almacenamiento de los materiales peligrosos recuperables debe cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ El área destinada al almacenamiento de los materiales debe reunir las características y la capacidad acorde con el tipo de material a almacenar, su clase de riesgo, las condiciones peligrosas presentes, la cantidad a almacenar y el tiempo que permanecerá almacenado.
  
- ✓ El almacenamiento de estos materiales debe estar separado del almacenamiento de desechos y de otros materiales incompatibles, de acuerdo a las condiciones de incompatibilidad.
  
- ✓ El área de almacenamiento debe estar demarcada e identificada, con acceso restringido sólo a las personas autorizadas, indicando con los símbolos correspondientes el peligro que presentan dichos materiales.

El almacén temporal de los residuos estará destinado, básicamente, a los residuos que se generen en los Laboratorios de Docencia, antes de ser retirados por gestores autorizados. La evaluación de la peligrosidad asociada a los residuos del Laboratorio de Analítica I permitirá realizar una distribución adecuada de estos, tomando como herramienta sus incompatibilidades químicas para así generar el diseño del almacén en específico.

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 8.1 Revisión de las normativas que competen al tema tanto nacional.

Tomando en cuenta lo antes expuesto basado en los requisitos mínimos de seguridad en la ley de condiciones y medio ambiente de trabajo, Ley Orgánica del trabajo y Normas Venezolana de uso obligatorio COVENIN se recomienda lo siguiente:

Parámetros que se deben establecer para obtener una efectiva vía de escape:

#### 8.1.1 MEDIO DE ESCAPE (Normas COVENIN 810-95)<sup>(63)</sup>

Las vías, rutas de escape, pasillos y escaleras, deben:

- ✓ Mantenerse libres de obstáculos.
  
- ✓ Garantizar la libre circulación de los usuarios.
  
- ✓ Estar señalizadas con avisos alusivos desde el sitio más desfavorable hasta las salidas de emergencia o un lugar seguro, se deben colocar a una altura con respecto al piso.

- ✓ Mantener en buen estado el sistema de iluminación de emergencia presente en el lugar.
  
- ✓ Ampliar el sistema de iluminación de emergencia.
  
- ✓ Debajo de las escaleras de emergencia no se debe almacenar ningún tipo de material combustible.

Las puertas que dan acceso a las vías y rutas de escape deben:

- ✓ Poseer cerraduras del tipo abre fácil o siempre libre.
  
- ✓ Abrir en sentido de la salida.
  
- ✓ Poseer su respectiva señalización de puerta de emergencia.
  
- ✓ Ser de material resistente al fuego.
  
- ✓ Poseer mecanismo que las mantenga cerradas cuando no estén en uso.

### **8.1.2 SISTEMA DE EXTINCIÓN PORTATIL (Norma COVENIN 1040-89) <sup>(64)</sup>:**

Los extintores deben estar ubicados considerando los siguientes aspectos:

- ✓ Ubicados en rectángulos de color rojo diseñadas para tal fin.
- ✓ Tener una altura, con respecto al piso, no menor de 0,10 y no mayor de 1,30m.
- ✓ Ubicados en lugares visibles, de fácil acceso y clara identificación.
- ✓ Instalar extintores a base de dióxido de carbono adicionales en los laboratorios que contengan equipos electrónicos como el laboratorio de instrumental.

### **8.1.3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS (Código Eléctrico Nacional, Norma COVENIN 200-1999). (34)**

- ✓ Eliminar todas aquellas improvisaciones de conductores eléctricos o en su defecto canalizarlos en tuberías resistente al fuego (metálicas).
- ✓ Los tomacorrientes deben poseer sus respectivas tapas protectoras.

- ✓ Identificar los tableros eléctricos, tanto principal como los secundarios. Zonificar mediante leyendas los breakers de la distribución de electricidad, indicando de esta forma el área la cual ellos protegen.
- ✓ Los tableros eléctricos deben permanecer cerrados, libres de polvo o cualquier otra sustancia u objetos que puedan ocasionar desperfectos en los mismos.

#### 8.1.4 CODIFICACIÓN IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS (COVENIN 253-1999) <sup>(65)</sup>:

Las tuberías de los laboratorios deben seguir el siguiente patrón:

<b>Fluido</b>	<b>Color básico de Identificación</b>	<b>Muestra del color</b>
Agua	Verde	
Aire	Azul	
Vacío	Gris Claro	
Fluido Eléctrico	Negro	

Tabla 8. Color básico de identificación de fluido de tuberías. <sup>(65)</sup>

Es importante resaltar que las tuberías presentes en el Laboratorio de Docencia son de fluidos como agua, aire y eléctrico. En la tabla 8 se plasmó la coloración básica de identificación también del fluido vacío, esto se realizó debido a que generalmente en el Laboratorio de Docencia presentan coloración de fluidos como agua y eléctrico gris claro, por lo tanto, no cumplen con lo establecido por la ley.

### 8.1.5 SÍMBOLOS Y DIMENSIONES PARA SEÑALES DE SEGURIDAD (COVENIN 187-2003) (66):

A continuación se muestra en la siguiente tabla los colores y símbolos de señalización que deben seguir las señales de seguridad:

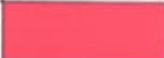
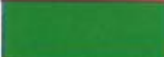


NOMBRE DEL COLOR	SIGNIFICADO	EJEMPLO DE APLICACIONES	MUESTRA COLOR
ROJO	Prohibición parada e incendio	Señal de prohibición equipos contra incendio y su ubicación.	
VERDE	Condiciones de seguridad	Medios de escape, ubicación equipos de emergencia y primeros auxilios.	
AMARILLO	Precaución zona de peligro	Indicadores de riesgo, equipos energizados, fuego, explosión, tóxicos, corrosión, demarcación de zonas.	
AZUL	Obligación	Obligación de usar equipos de protección personal, indicaciones obligatorias.	

Figura 13. Colores para señales de seguridad (COVENIN 187) <sup>(66)</sup>

### 8.2 Descripción de las condiciones iniciales de almacenamiento de los residuos y desechos formados en los Laboratorios de Docencia en la Facultad de Ciencias.

La edificación del Laboratorio de Docencia ubicado en Ciudad Universitaria, consta de nueve (9) laboratorios, estos se mencionan a continuación:

- ✓ Instrumental
- ✓ Orgánica I
- ✓ Orgánica II
- ✓ Orgánica para Biólogos
- ✓ Analítica I

- ✓ Inorgánica II
- ✓ Inorgánica I
- ✓ Fisicoquímica
- ✓ Principios de Química (L-102, L-103)

Dispone de dos (2) depósitos:

- ✓ L-101
- ✓ L-109.

Posee dos pasillos, uno ubicado en planta baja y el otro ubicado en el primer piso. Posee también un cuarto de almacenamiento y un laboratorio de almacenamiento. Esta edificación está construida estructuralmente en base a techos y pisos de bloques de arcilla cocida y cemento, granito entre otros.

En los anexos AN-1 se puede observar el mapa de la ubicación del Laboratorio de Docencia y de las edificaciones que se encuentran a su alrededor.

La inspección fue realizada los días 10 y 11 de Marzo del 2014 por:

- ✓ Licenciado en Química Leonardo Arturo Acevedo Vallée.
- ✓ Br. Vanessa Fernandes de Freitas.

- ✓ Br. Estefanía de la Concha.

Una vez realizadas las inspecciones se observó que existen ciertas características comunes en la mayoría de los laboratorios y depósitos, así como también en la edificación en general. Estas características son las siguientes:

- ✓ Presencia de residuos y desechos etiquetados y almacenados de forma incorrecta en los laboratorios y cuartos de almacenamiento.
- ✓ Escasas señalizaciones de rutas de escape, equipo de protección personal, emergencia, precaución y seguridad en general.
- ✓ En los laboratorios y almacenes de la planta alta (primer piso) hay ausencia de extintores portátiles. Al igual que en algunos almacenes del piso inferior.
- ✓ Riesgo eléctrico presente en la mayoría de los lugares de la edificación y laboratorios.
- ✓ Existen obstáculos en las rutas de escape, en algunos laboratorios y almacenes.
- ✓ En ningún laboratorio o almacén existe registro de las hojas de seguridad de los reactivos.
- ✓ Existen cilindros de gases sin capuchas y sin estar sujetos a un punto fijo.

- ✓ La edificación no cuenta con un sistema de detección y alarma contra incendios.
  
- ✓ No presentan la codificación de tuberías adecuada.

Por lo tanto se realizó una tabla identificando cada uno de los espacios y dichas características generales, la cual se muestra a continuación:

Laboratorio o Deposito	Residuos y reactivos etiquetados y almacenados de forma correcta	COVENIN 187 Señalización de ruta de escape, EPP, emergencia, precaución, y seguridad	COVENIN 1040 Presencia de extintores	COVENIN 200 Código Eléctrico	COVENIN 810 Permeabilidad de vías de escape	Presencia de hojas de seguridad	COVENIN 253 Codificación de tuberías	Cilindros que se encuentran sujetos a punto fijo.
Pasillo Planta baja	X	X	X	X	✓	XX	XX	X
Lab. Instrumental	XX	✓	✓	X	X	X	X	X
Lab. Orgánica II	X	X	✓	X	✓	X	X	XX
Lab. Orgánica I	X	X	✓	X	✓	X	X	XX
Lab. Orgánica para biólogos	XX	X	✓	✓	✓	X	X	XX
Lab. Analítica (Norte)	X	X	X	X	✓	X	X	XX
Lab. Analítica (Sur)	X	X	X	X	✓	X	X	XX
Pasillo Primer Piso	XX	X	X	X	X	XX	XX	XX
Almacén de reactivos	✓	X	X	X	✓	X	XX	XX
Lab. Inorgánica II	✓	X	X	✓	✓	X	✓	X
Lab. Fisicoquímica	X	X	X	✓	X	X	✓	✓
Lab Principios de Química (L103)	✓	X	X	✓	✓	X	✓	XX
Lab Principios de Química (L102)	X	X	X	X	X	X	✓	XX
Lab Inorgánica I	X	X	X	X	✓	X	✓	XX
Deposito	X	X	X	✓	X	XX	XX	XX

<b>L-101</b>								
<b>Deposito L-109</b>	X	X	✓	✓	X	XX	XX	XX
<b>Cuarto de almacenamiento</b>	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 9. Características comunes en la inspección realizada en el Laboratorio de Docencia

Leyenda:

✓ : Cumple con la normativa o característica señalada.

X : No cumple con la normativa, característica señalada o no Aplica.

XX: No aplica.

En los anexos (AN-1, AN-2) se puede observar la inspección ampliada de cada uno de los depósitos y laboratorios.

Por lo tanto se puede plasmar aquellas leyes y normativas que se incumplen en los Laboratorios de Docencia al momento de realizar la inspección:

### **8.2.1 Condiciones de la edificación en el momento de la inspección:**

Incumplimiento de las siguientes leyes y normativas:

- ✓ Ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos.
- ✓ Decreto 2635 Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos
- ✓ COVENIN 187-92 Símbolos y dimensiones para señales de seguridad.
- ✓ COVENIN 200-90 Código Eléctrico Nacional.
- ✓ COVENIN 253-99 Codificación para la identificación de tuberías que conduzcan fluidos.
- ✓ COVENIN 810-95 Medios de escape.
- ✓ COVENIN 823-88 Sistemas de detección, alarma y extinción de incendios.

- ✓ COVENIN 1040-89 Extintores portátiles. Generalidades.
- ✓ COVENIN 1331-2001 Extinción de incendio en edificaciones.

### 8.3 Evaluación de los desechos y residuos generados en el Laboratorio de Analítica I.

A continuación se presentan las tablas que contienen los datos de peligrosidad de los reactivos utilizados y los residuos generados en cada práctica del laboratorio:

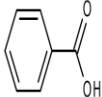
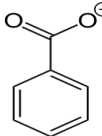
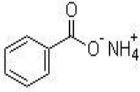
#### 8.3.1 Diagnóstico de los reactivos.

En las siguientes tablas se presentan los grados de peligrosidad asociados a los reactivos utilizados en las experiencias del Laboratorio de Analítica I:

##### 8.3.1.1 Práctica 1 .Marcha Analítica de Cationes.

Reactivo	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup>	Peligros Químicos según las Hojas de Seguridad
Hidróxido de Sodio	NaOH	8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible.

			Reacciona con sales de amonio Produciendo amoníaco, originando peligro de incendio.
Ácido Clorhídrico	HCl	8	Reacciona violentamente con agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, ácido sulfúrico, aldehídos, epóxidos, cianuros, sulfuros, carburos, boruros.
Nitrato de Sodio	NaNO <sub>3</sub>	5.1	Es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores, originando peligro de incendio y explosión. Se descompone al calentarla intensamente o al arder produciendo oxígeno y óxidos de nitrógeno, que aumenta el peligro de incendio
Nitrato de Potasio	KNO <sub>3</sub>	5.1	Reacciona con Aluminio, titanio, zinc, calcio, sodio fosfinado, ácido cítrico, acetato de sodio y cloro.
Hidróxido de Amonio	NH <sub>4</sub> OH	8	Reacciona con Hidróxidos alcalinos. Halógenos. Hidrocarburos halogenados. Halogenuros de halógeno. Agentes oxidantes (entre otros, ácido perclórico, percloratos, halogenatos, CrO <sub>3</sub> , ácido nítrico, óxidos de nitrógeno, óxidos no metálicos, ácido cromo sulfúrico). Metales alcalinos.
Ácido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	8	Puede reaccionar con Sustancias inflamables. Compuestos oxidables. Disolventes orgánicos. Alcoholes.

			Aldehídos. Cetonas. Acetiluros. Ácidos. Aminas. Amoníaco. Anhídridos. Anilinas. Compuestos halogenados. Halógenos. Halogenuros no metálicos. Hidruros. Metales alcalinos. Metales alcalinotérreos. Nitrilos. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Nitruro. No metales. Óxidos
Ácido Benzoico	$C_6H_5COOH$ 	8	La disolución en agua es un ácido débil. Reacciona con oxidantes.
Benzoato de Sodio	$C_6H_5COO^-Na^+$ 	N/A	Reacciona con ácidos concentrados y oxidantes fuertes.
Benzoato de Amonio	$C_6H_5COONH_4$ + 	N/A	Puede reaccionar con sales de hierro, ácidos fuertes, bases fuertes y carbonatos.
Nitrato de Amonio	$NH_4NO_3$	5.1	El calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión. La sustancia se descompone al calentarla intensamente o al arder produciendo humos tóxicos de óxidos de nitrógeno. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores.

Nitrato de Plata	$\text{AgNO}_3$	5.1	Reacciona con Acetileno. Acetiluros. Alcoholes. Aldehídos. Amoníaco. Alcoholes. Calor (descomposición). Carburos. Compuestos amoniacaes. Compuestos orgánicos. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Hidróxidos alcalinos. Nitrilos. No metales. Sustancias inflamables.
Sulfuro de Sodio	$\text{Na}_2\text{S}$	4.2	Reacciona con ácidos, oxidantes, aluminio, zinc y carbón.
Peróxido de Hidrogeno	$\text{H}_2\text{O}_2$	5.1	Reacciona con materiales combustibles agentes reductores, iones metálicos, materiales oxidables. Si se descompone puede producir oxígeno, gas hidrogeno y agua.
Ferrocianuro Férrico (Azul de Prusia)	$\text{Fe}_7\text{C}_{18}\text{N}_{18}$	N/A	No rociar sobre llamas u objetos calientes. Evitar exponer el producto al calor, a fuentes de ignición o a productos incompatibles como materiales oxidantes, sustancias cáusticas, amínas, amonio, bases fuertes, cloroformo, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico. Puede atacar plásticos, resinas y gomas.
Ferrocianuro de Potasio	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	N/A	Reacciona con los cloratos, los percloratos, los nitratos, o los nitritos del metal pueden causar explosiones violentas. Libera humos tóxicos del cianuro cuando está mezclado con los ácidos fuertes.
Acetato de	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$	3	Es incompatible con agentes oxidantes, bases, ácidos y humedad.

Étilo			Reacciona vigorosamente con ácido clorosulfónico y clorometilfurano. Se ha informado de reacciones muy violentas con tetraaluminato de litio, hidruro de litio y aluminio y terbutóxido de potasio.
Fluoruro de Sodio	NaF	6	En contacto con superficies calientes o con llamas, esta sustancia se descompone formando humos tóxicos y corrosivos. Reacciona con ácidos produciendo humos tóxicos y corrosivos.
Hidróxido de Potasio	KOH	8	Reacciona con Metales. Ácidos fuertes. Metales alcalinotérreos en polvo. Compuestos amoniacales. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Compuestos orgánicos. Halógenos. Hidrocarburos halogenados. Halogenóxidos. Fósforo. Óxidos no metálicos. Anhídridos.
Carbonato de Potasio	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	N/A	La disolución en agua es moderadamente básica. Reacciona violentamente con ácidos y con trifluoruro de cloro. Reacciona con metales en polvo.
Ácido Acético	CH <sub>3</sub> COOH	8	La sustancia es un ácido débil. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con bases fuertes, ácidos fuertes y muchos otros compuestos. Ataca a algunos tipos de plásticos, caucho y

			revestimientos.
Yoduro de Potasio	KI	N/A	Reacciona con Metales alcalinos. Amoníaco. Halogenuros de halógeno. Flúor. Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).
Ácido Bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	N/A	Reacciona con anhídridos y debe evitarse el calor
8-quinolinol (oxina)	C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> NO	N/A	Reacciona con Agentes oxidantes fuertes, ácidos ligeros , fuertes, metales comunes
Dicromato de Potasio	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	6.1	La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores. La disolución en agua es un ácido débil.
Sulfato de Amonio	((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	N/A	Reacciona con Cloro, hipoclorito, polvos metálicos de Cd, Cu, Pb, Ni, Co, Bi, Cr, Mg, Zn, Al. Corroe metales amarillos: bronce, cobre, latón
Cloruro de Amonio	NH <sub>4</sub> Cl	9.2	Reacciona con Ácidos y bases fuertes, agentes oxidantes fuertes como cloratos (clorato de potasio), tricoloruro, trifluoruro y pentafluoruro de bromo, sales de plata, nitritos y nitratos (nitrato de amonio).
Carbonato de Amonio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	N/A	Reacciona con ácidos, álcalis y oxidantes.
Bismutato de Sodio	NaBiO <sub>3</sub>	N/A	Reacciona con Ácidos. En Agua caliente se descompone
Cloruro de	SnCl <sub>2</sub>	6	La sustancia es un agente reductor fuerte y reacciona violentamente con

Estaño			oxidantes. Al calentarla intensamente forma humos corrosivos y tóxicos. La sustancia absorbe oxígeno del aire y forma oxiclорuro insoluble.
Sulfito de Sodio	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	N/A	La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo humos tóxicos y corrosivos. La sustancia es un agente reductor fuerte y reacciona violentamente con oxidantes. Reacciona con ácidos fuertes produciendo productos tóxicos (óxidos de azufre).
Tiocianato de Amonio	$\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$	N/A	Se debe evitar calentamiento ya que genera la Liberación de: gases nitrosos, cianuro de hidrógeno, amoníaco. Con las siguientes sustancias existe peligro de explosión y/o de formación de gases tóxicos: ácidos, oxidante, cloratos (sales alcalinas) / Golpes y fricción, plomonitratos.
Acetona	$\text{CH}_3\text{COCH}_3$	3	Reacciona con Hidróxidos alcalinos. Halógenos. Hidrocarburos halogenados. Halogenuros de halógeno. Agentes oxidantes (entre otros, ácido perclórico, percloratos, halogenatos, $\text{CrO}_3$ , halogenóxidos, ácido nítrico, óxidos de nitrógeno, óxidos no metálicos. Metales alcalinos.
Cloruro de Potasio	KCl	N/A	Reacciona con Triofloruro de bromo, permanganato de potasio y ácido sulfúrico.

Nitrito de Potasio	$\text{KNO}_2$	5.1	Reacciona con Metales Pesados, Fosfitos, Compuestos Orgánicos, Ácidos Fuertes. Metales en polvo, sulfato de aluminio y boro.
Solución de Dimetilgloxima	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{C} - \text{C} \\    \quad    \\ \text{HO}-\text{N} \quad \text{N}-\text{OH} \end{array}$ $(\text{CH}_3\text{CNOH})_2$	3	Reacciona violentamente con oxidantes, ácidos fuertes y reductores.
Cloruro de Mercurio	$\text{HgCl}_2$	6.1	La sustancia se descompone debido al calentamiento intenso produciendo humos tóxicos de mercurio y cloro. Reacciona con metales ligeros.

Tabla 10. Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 1. Marcha Analítica de Cationes.

En esta práctica 1 se hace uso de sustancias corrosivas ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{KOH}$ , etc.) los principales peligros para las personas incluyen daño a los ojos, la piel; la inhalación o ingestión puede dañar las vías respiratorias y conductos gastrointestinales. La quemadura a menudo puede conducir a vómitos y fuertes dolores de estómago.

Se utilizan sustancias con características oxidantes ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , etc.) las cuales pueden acelerar el desarrollo de un fuego y hacerlo más intenso como también hacer que los materiales combustibles se quemen espontáneamente sin la presencia de fuentes de ignición como chispa o llama.

Además están presentes sustancias tóxicas ( $\text{NaF}$ ,  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{HgCl}_2$ , etc.) que pueden ocasionar daños graves a la salud al ser ingeridos, inhalados o entrar en contacto con la piel.

Por ende las medidas de protección personal que se deben de tomar en esta práctica son las siguientes:

- ✓ Guantes protectores, utilizar de látex desechables o guantes de nitrilo desechables.
- ✓ Traje de protección, utilizar bata de laboratorio.
- ✓ Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria .
- ✓ Trabajar en campana de extracción.

### 8.3.1.2 Práctica 2 .Marcha Analítica de Aniones.

Reactivo	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) (40)	Peligros Químicos según las Hojas de Seguridad
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.1	Reactivo con materiales combustibles, ácidos, los álcalis. Productos de descomposición peligrosos: óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}$ , $\text{NO}_2, \dots$ ).
Nitrato de Bario	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	6.1	Reacciona con Agentes de reducción, compuestos orgánicos y materiales combustibles.
Nitrato de Plata	$\text{AgNO}_3$	5.1	Reacciona con Acetileno. Acetiluros. Alcoholes. Aldehídos. Amoníaco.

			Alcoholes. Calor (descomposición). Carburos. Compuestos amoniacaes. Compuestos orgánicos. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Hidróxidos alcalinos. Nitrilos. No metales. Sustancias inflamables.
Ácido Nítrico	$\text{HNO}_3$	8	Puede reaccionar con Sustancias inflamables. Compuestos oxidables. Disolventes orgánicos. Alcoholes. Aldehídos. Cetonas. Acetiluros. Ácidos. Aminas. Amoníaco. Anhídridos. Anilinas. Compuestos halogenados. Halógenos. Halogenuros no metálicos. Hidruros. Metales alcalinos. Metales alcalinotérreos. Nitrilos. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Nitruro. No metales. Óxidos
Hidróxido de Amonio	$\text{NH}_4\text{OH}$	8	Reacciona con Hidróxidos alcalinos. Halógenos. Hidrocarburos halogenados. Halogenuros de halógeno. Agentes oxidantes (entre otros, ácido perclórico, percloratos, halogenatos, $\text{CrO}_3^{2-}$ , ácido nítrico, óxidos de nitrógeno, óxidos no metálicos, ácido cromosulfúrico). Metales alcalinos.
Ácido Sulfúrico	$\text{H}_2\text{SO}_4$	8	Reacciona violentamente con Compuestos alcalinos. Metales alcalinos. Amoníaco. Compuestos alcalinotérreos. Soluciones alcalinas. Ácidos. Metales y sus aleaciones. Fósforo. Hidruros. $\text{MnO}_4^-$ . Nitratos.

			Disolventes orgánicos. Sustancias inflamables. Nitrilos. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Anilinas. Peróxidos.
Permanganato de Potasio	$\text{KMNO}_4$	5.1	Reacciona con Compuestos orgánicos. Ácidos. Azufre. Ácido sulfúrico concentrado. Compuestos amoniacales. Alcoholes. Fósforo. Sustancias inflamables. Peróxido de hidrógeno. Hidroxilamina.
Yoduro de Potasio	KI	N/A	Reacciona con Metales alcalinos. Amoníaco. Halogenuros de halógeno. Flúor. Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).
Tetracloruro de Carbono	$\text{CCl}_4$	6.1	En contacto con superficies calientes o con llamas esta sustancia se descompone formando humos tóxicos y corrosivos (cloruro de hidrógeno, vapores de cloro). Reacciona con algunos metales como aluminio, magnesio, zinc, originando peligro de incendio y explosión
Peróxido de Hidrogeno	$\text{H}_2\text{O}_2$	5.1	Reacciona con materiales combustibles agentes reductores, iones metálicos, materiales oxidables. Si se descompone puede producir oxígeno, gas hidrogeno y agua.
Cloruro de Bario	$\text{BaCl}_2$	6.1	Reacciona con Halogenuros de halógeno. Ácido furano-2-percarboxílico.
Ácido Clorhídrico	HCl	8	Reacciona violentamente con agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, ácido

			sulfúrico, aldehídos, epóxidos, cianuros, sulfuros, carburos, boruros.
Nitrato de Zinc	$Zn(NO_3)_2$	5.1	Reacciona con Materiales Reductores fuertes, carbón, Cobre, Sulfuros de metales, Materiales orgánicos, Fosforo y Azufre.
Nitrato de Plomo	$Pb(NO_3)_2$	6.1	La sustancia se descompone al calentarla intensamente (290°C), produciendo humos tóxicos de óxidos de nitrógeno y óxidos de plomo. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. Reacciona violentamente con tiocianato de amonio.
Nitrato de Estroncio	$Sr(NO_3)_2$	5.1	Reacciona con Agentes reductores, Materiales Combustibles y Halógenos
Yodo	$I_2$	9	Genera vapores peligrosos por exposición al calor
Yoduro de Potasio	KI	N/A	Reacciona con Metales alcalinos. Amoníaco. Halogenuros de halógeno. Flúor. Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).
Molibdato de Amonio	$(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	N/A	Reacciona con Ácidos fuertes. Productos nocivos de descomposición: Óxido de nitrógeno, amoniaco y otros derivados, óxido de molibdeno
Hidróxido de Bario	$Ba(OH)_2$	6.1	Reacciona con Ácidos, hidrógeno sulfuro.
Hidrocloruro de Hidroxilamina	$NH_2OH \cdot HCl$	8	Reacciona con Agentes oxidantes fuertes.
Alcohol	$CH_3OH$	3	Reacción vigorosa con agentes

Metílico			oxidantes (nitratos, percloratos, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, ácido perclórico, trióxido de cromo), ácido sulfúrico. Reacción violenta con anhídrido crómico, perclorito de plomo, cloroformo e hidróxidos.
Ácido Acético	$\text{CH}_3\text{COOH}$	8	La sustancia es un ácido débil. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con bases fuertes, ácidos fuertes y muchos otros compuestos. Ataca a algunos tipos de plásticos, caucho y revestimientos.
Alizarina	$\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}$	N/A	Reacciona con óxidos fuertes y bases fuertes.
Sulfato Ferroso	$\text{FeSO}_4$	N/A	Reacciona con Álcalis, carbonatos solubles, y materiales que oxidan.
Cloruro Férrico	$\text{FeCl}_3$	8	Reacciona con Metales alcalinos. Óxidos de etileno.
Dicromato de Potasio	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	6.1	La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores. La disolución en agua es un ácido débil.
Cloramina T	$\text{C}_7\text{H}_7\text{ClNNa}$ $\text{O}_2\text{S}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	8	Reacciona con Agentes oxidantes fuertes. Con ácidos libera gases tóxicos.
Sulfato de Plata	$\text{Ag}_2\text{SO}_4$	N/A	Reacciona con Bases fuertes en solución acuosa
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	N/A	Levemente reactivo con agentes reductores. Muy levemente reactivo con agentes oxidantes, ácidos, álcalis y humedad. No reactivo con materiales

			combustibles, materiales orgánicos, metales.
Nitrato de Potasio	$\text{KNO}_3$	5.1	Reacciona con Aluminio, titanio, zinc, calcio, sodio fosfinado, ácido cítrico, acetato de sodio y cloro.
Carbonato de Zinc	$\text{ZnCO}_3$	N/A	Evitar contacto con los ácidos fuertes.

Tabla 11. Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 2. Marcha Analítica de Aniones.

En esta práctica 2 se hace uso de sustancias que se caracterizan por poseer ciertos grados de peligrosidad. Inicialmente se hace uso de sustancias oxidantes ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{KMNO}_4$ ,  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ , etc.) las cuales pueden acelerar el desarrollo de un fuego y hacerlo más intenso como también hacer que los materiales combustibles se quemen espontáneamente sin la presencia de fuentes de ignición como chispa o llama.

Sustancias tóxicas como ( $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , etc.) que pueden ocasionar daños graves a la salud al ser ingeridos, inhalados o entrar en contacto con la piel.

Y por último sustancias que tienden a ser corrosivas ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , etc.) donde los peligros para las personas incluyen daño a los ojos, la piel; la inhalación o ingestión puede dañar las vías respiratorias y conductos gastrointestinales. La quemadura a menudo puede conducir a vómitos y fuertes dolores de estómago.

Por ende las medidas de protección personal que se deben de tomar en esta práctica son las siguientes:

- ✓ Guantes protectores, utilizar de látex desechables o guantes de nitrilo desechables.
- ✓ Traje de protección, utilizar bata de laboratorio.
- ✓ Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.
- ✓ Trabajar en campana de extracción

### 8.3.1.3 Práctica 3 .Muestra sólida

Reactivo	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup>	Peligros Químicos según las Hojas de Seguridad
Ácido Clorhídrico	HCl	8	Reacciona violentamente con agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, ácido sulfúrico, aldehídos, epóxidos, cianuros, sulfuros, carburos, boruros.
Ácido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	8	Puede reaccionar con Sustancias inflamables. Compuestos oxidables. Disolventes orgánicos. Alcoholes. Aldehídos. Cetonas. Acetiluros. Ácidos. Aminas. Amoníaco. Anhídridos. Anilinas. Compuestos halogenados.

			Halógenos. Halogenuros no metálicos. Hidruros. Metales alcalinos. Metales alcalinotérreos. Nitrilos. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Nitruro. No metales. Óxidos
Carbonato de Sodio	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	N/A	Reacciona con Fluoruro, aluminio, ácido sulfúrico, Zinc, litio, humedad, hidróxido de calcio. Reacciona violentamente con ácidos para formar dióxido de carbono.
Hidróxido de Sodio	$\text{NaOH}$	8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales de amonio Produciendo amoníaco, originando peligro de incendio.
Peróxido de Sodio	$\text{Na}_2\text{O}_2$	5.1	Reacciona con agua, originando peligro de incendio. Reacciona con compuestos orgánicos y metales en forma de polvo, originando peligro de explosión. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores.
Sulfuro de Amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	3	Reacciona con agentes oxidantes, ácidos fuertes, bases fuertes.
Acetato de	$\text{CH}_3\text{COON}$	N/A	Reacciona con Ácidos fuertes.

Amonio	H <sub>4</sub>		Bases fuertes.
Ácido Acético	CH <sub>3</sub> COOH	8	La sustancia es un ácido débil. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con bases fuertes, ácidos fuertes y muchos otros compuestos. Ataca a algunos tipos de plásticos, caucho y revestimientos.
Ácido Sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8	Reacciona violentamente con Compuestos alcalinos. Metales alcalinos. Amoníaco. Compuestos alcalinotérreos. Soluciones alcalinas. Ácidos. Metales y sus aleaciones. Fósforo. Hidruros. MnO <sub>4</sub> . Nitratos. Disolventes orgánicos. Sustancias inflamables. Nitrilos. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Anilinas. Peróxidos.
Carbonato de Potasio	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	N/A	La disolución en agua es moderadamente básica. Reacciona violentamente con ácidos y con trifluoruro de cloro. Reacciona con metales en polvo.

Tabla 12. Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 3. Muestra Sólida.

En esta práctica 3 se hace uso de sustancias que poseen características de peligrosidad corrosivas (HCl, HNO<sub>3</sub>, NaOH, CH<sub>3</sub>COOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) donde los peligros para las personas incluyen daño a los ojos, la piel ; la inhalación o ingestión puede dañar las vías respiratorias y conductos gastrointestinales. La quemadura a menudo puede conducir a vómitos y fuertes dolores de estómago.

También se hace uso de sustancias oxidantes como el peróxido de sodio el cual puede reaccionar violentamente con materiales combustibles y reductores.

Por ende las medidas de protección personal que se deben de tomar en esta práctica son las siguientes:

- ✓ Guantes protectores, utilizar de látex desechables o guantes de nitrilo desechables.
  
- ✓ Traje de protección, utilizar bata de laboratorio.
  
- ✓ Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.
  
- ✓ Trabajar en campana de extracción.

#### **8.3.1.4 Práctica 4. Calibración de Instrumento.**

En esa práctica no se realizó el diagnóstico de reactivos ya que no se utilizan, solo hacen uso de los instrumentos para su calibración con agua.

### 8.3.1.5 Práctica 5. Titulación Ácido-Base.

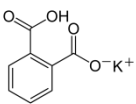
Reactivo	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup>	Peligros Químicos según las Hojas de Seguridad
Ácido Acético	CH <sub>3</sub> COOH	8	Reacciona violentamente con Oxidantes fuertes. Reacciona violentamente con bases fuertes, ácidos fuertes
Ftalato Ácido de Potasio	C <sub>8</sub> H <sub>5</sub> O <sub>4</sub> K 	N/A	El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (Temperatura ambiente).
Hidróxido de Sodio	NaOH	8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales de amonio Produciendo amoníaco, originando peligro de incendio.

Tabla 13. Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 4. Titulación Ácido Base.

En esta práctica 4 se utilizan líquidos corrosivos como el ácido clorhídrico e hidróxido de sodio en solución, los cuales son nocivos a la salud provocando quemaduras en la piel e irritación en los ojos dependiendo de sus concentraciones. Se debe tener precaución ya que el ácido clorhídrico ebulle a 48°C formando cloruro de hidrogeno gaseoso el cual tiene propiedades toxicas.

Medidas de protección personal que se deben de tomar en esta práctica son las siguientes:

- ✓ Guantes protectores, utilizar de látex desechables o guantes de nitrilo desechables.
- ✓ Traje de protección, utilizar bata de laboratorio.
- ✓ Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.
- ✓ Trabajar en campana de extracción.

#### **8.3.1.6 Práctica 6. Gravimetría.**

Esta práctica puede realizarse para determinar la cantidad total de  $\text{SO}_4^{2-}$  en una muestra de suelo o de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y la cantidad de níquel en una muestra de acero o de una sal de níquel.

Para la experiencia de la determinación gravimétrica de níquel, se muestra a continuación la tabla del diagnóstico realizado a los reactivos que se utilizan:

Reactivo	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup>	Peligros Químicos según las Hojas de Seguridad
Ácido Clorhídrico	HCl	8	Reacciona violentamente con agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, ácido sulfúrico, aldehídos, epóxidos, cianuros, sulfuros, carburos, boruros.
Ácido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	8	Reacciona violentamente con Sustancias inflamables. Compuestos oxidables. Disolventes orgánicos. Alcoholes. Aldehídos. Cetonas. Ácidos. Aminas. Amoníaco. Anhídridos. Halógenos. Metales alcalinos. Metales alcalinotérreos. Compuestos orgánicos de nitrógeno. No metales. Óxidos
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	2	Al mezclar con muchos productos químicos puede generar incendios y/o explosiones
Dicloruro de Amonio	NH <sub>4</sub> Cl	9	Reacciona con Cloro. Cloratos. Halogenuros de halógeno. Hidróxidos alcalinos. Nitratos. Nitritos. Debe evitarse temperaturas elevadas
Solución de Dimetilglioxima	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{C} - \text{C} \\    \quad    \\ \text{HO}-\text{N} \quad \text{N}-\text{OH} \end{array}$ (CH <sub>3</sub> CNOH) <sub>2</sub>	3	Reacciona violentamente con oxidantes, ácidos fuertes y reductores.
Cloruro de Níquel	NiCl <sub>2</sub>	6.1	Reacciona violentamente con el potasio.

Tabla 14. Peligrosidad asociada a los reactivos Práctica 6 Gravimetría para la determinación de Níquel.

Las soluciones de ácido nítrico, ácido clorhídrico son fuertemente corrosivas y producen lesiones cutáneas, oculares, de las mucosas y del esmalte dental. Estas lesiones pueden ir desde una simple irritación hasta la quemadura y necrosis localizada (muerte celular). Las salpicaduras de agua amoniacal en los ojos son sumamente peligrosas, porque pueden ocasionar perforación de la córnea e incluso la destrucción del globo ocular.

El cloruro de níquel considerado una sustancia toxica, puede ocasionar irritación en la garganta, nariz y los pulmones. Además puede provocar efectos crónicos en la salud a largo plazo, como riesgo de cáncer.

Medidas de protección personal que se deben de tomar en esta práctica son las siguientes:

- ✓ Protección de los ojos, utilizar lentes de seguridad.
- ✓ Guantes de protección, pueden utilizarse los guantes de látex desechables.
- ✓ Traje de protección, utilizar la bata de laboratorio.
- ✓ Trabajar en campana de extracción.

Para la experiencia de la determinación gravimétrica del sulfato, se muestra a continuación la tabla del diagnóstico realizado a los reactivos que se utilizan:

Reactivo	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup>	Riesgos Químicos según las Hojas de Seguridad
Sulfato de Sodio	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	N/A	En combinación con aluminio y magnesio explotara a 800°C. Reacciona violentamente con ácidos minerales y bases fuertes.
Ácido Clorhídrico	HCl	8	Reacciona violentamente con agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, ácido sulfúrico, aldehídos, epóxidos, cianuros, sulfuros, carburos, boruros.
Cloruro de Bario dihidratado	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	6.1	La sustancia se descompone al calentarla intensamente produciendo humos tóxicos. Reacciona violentamente con ácidos fuertes y bases fuertes.
Nitrato de Plata	AgNO <sub>3</sub>	5.1	Puede reaccionar violentamente si entra en contacto con materiales combustibles y compuestos orgánicos .Reacciona violentamente con reductores, bases fuertes y álcalis haluros

Tabla 15. Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 6. Gravimetría para la determinación de Sulfato.

El cloruro de bario se considera una sustancia tóxica. El nitrato de plata se considera corrosivo y muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar efectos negativos en el medio ambiente acuático a largo plazo.

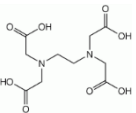
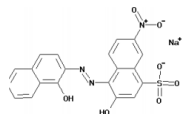
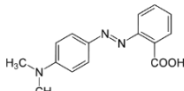
El ácido clorhídrico es fuertemente corrosivo y produce lesiones cutáneas, oculares, de las mucosas y del esmalte dental. Estas lesiones pueden ir desde una simple irritación hasta la quemadura y necrosis localizada (muerte celular).

Medidas de protección personal que se deben de tomar en esta práctica son las siguientes:

- ✓ Protección de los ojos, utilizar lentes de seguridad.
- ✓ Guantes de protección, pueden utilizarse los guantes de nitrilo desechables.
- ✓ Traje de protección, utilizar la bata de laboratorio.
- ✓ Trabajar en las campanas de extracción.

### 8.3.1.7 Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.

Reactivo	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup>	Riesgos Químicos según las Hojas de Seguridad
Solución Amortiguadora (Amoniacó-Cloruro de	NH <sub>3</sub> - NH <sub>4</sub> Cl	8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales

Amonio)			de amonio Produciendo amoniaco, originando peligro de incendio
Edta disódico Ácido etildiamino tetraacético	 $((\text{HOCOCH}_2)_2\text{NCH}_2)_2$	N/A	Reacciona con Agentes oxidantes fuertes, Bases fuertes, Cobre y Aluminio
NET Eriocromo T	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{NaO}_7$ S 	N/A	Reacciona con Agentes Oxidantes fuertes, Agentes Reductores fuertes, Litio, Bromo Trifluoruro, Hierro
Ácido Clorhídrico	HCl	8	Reacciona violentamente con agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, ácido sulfúrico, aldehídos, epóxidos, cianuros, sulfuros, carburos, boruros.
Hidróxido de Sodio	NaOH	8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales de amonio Produciendo amoniaco, originando peligro de incendio
Rojo de Metilo (Indicador) Ácido dimetilamino-4 Fenilazo-2 benzoico	$\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$ 	N/A	Peligroso para el medio ambiente acuático. Reacciona con ácidos fuertes y bases fuertes.

Muestra Adulterada con Calcio y Magnesio (Solución)	$\text{Ca}^{2+}$ y $\text{Mg}^{2+}$ en solución	N/A	Entra en contacto con los hidróxidos del álcali o con carbonatos pueden causar la detonación. Reacciona violentamente con halógenos, solventes Clorados. Incompatible con ácidos y agentes oxidantes
Carbonato de Calcio	$\text{CaCO}_3$	N/A	La sustancia se descompone al calentarla intensamente a altas temperaturas, produciendo dióxido de carbono. Reacciona con ácidos formando dióxido de carbono.

Tabla 16. Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 7. Complejimetria.

El ácido clorhídrico e hidróxido de sodio son fuertemente corrosivos y producen lesiones cutáneas, oculares, de las mucosas y del esmalte dental. Estas lesiones pueden ir desde una simple irritación hasta la quemadura y necrosis localizada (muerte celular).

El EDTA se considera un quelante que puede ser tóxico para el medio ambiente ya que este no es biodegradable y podría acumularse en las redes cloacales contaminándolas formando quelatos con los metales presentes.

Medidas de protección personal que se deben de tomar en esta práctica son las siguientes:

- ✓ Trabajar en campanas de extracción.
- ✓ Guantes protectores, utilizar guantes de látex.

- ✓ Traje de protección, utilizar bata de laboratorio.
  
- ✓ Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular.

### 8.3.1.8 Práctica 8. Titulación Óxido Reducción.

Reactivo	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup>	Riesgos Químicos según las Hojas de Seguridad
Dicromato de potasio	$K_2Cr_2O_7$	6.1	Reacciona violentamente con ácido sulfúrico y acetona. Las mezclas de este compuesto con hierro metálico, tungsteno metálico y boro son pirotécnicas. En general, es incompatible con agentes reductores, materiales orgánicos y con materiales combustibles que se encuentren como partículas pequeñas, pues puede haber ignición.
Granalla de Zinc Amalgamada	Zn	N/A	En contacto con el agua desprende gases inflamables que pueden inflamarse espontáneamente.
Ácido Fosfórico	$H_3PO_4$	8	Reacciona con álcalis fuertes como el hidróxido de sodio o potasio.
Difenilamina	$Ba(SO_3C_6H_4NHC_6)$	N/A	Reacciona violentamente con

Sulfonato de sodio	$H_5)_2$		hexacloromelamina, tricloromelamina y oxidantes fuertes
Cloruro de mercurio	$HgCl_2$	6.1	Se descompone debido al calentamiento intenso produciendo humos tóxicos de mercurio y cloro. Reacciona con metales ligeros.
Monóxido de Hierro	$FeO$	N/A	La sustancia puede incendiarse espontáneamente en contacto con el aire cuando se calienta intensamente por encima de 200°C. La sustancia es fácilmente oxidada por el aire.
Ácido Clorhídrico	$HCl$	8	Reacciona violentamente con agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, ácido sulfúrico, aldehídos, epóxidos, cianuros, sulfuros, carburos, boruros.

Tabla 17. Peligrosidad de los reactivos de la Práctica 8. Titulaciones Óxido Reducción.

El Dicromato de potasio es carcinogénico. El compuesto también es corrosivo y la exposición puede producir daños graves en los ojos o ceguera. La exposición humana abarca además perjudicar la fertilidad y daños genéticos hereditarios.

El ácido fosfórico y ácido clorhídrico al ser ácidos corrosivos provocan quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

El cloruro de mercurio que se utiliza para hacer el amalgamiento con el zinc es un compuesto muy tóxico. Causa náuseas, vómitos, diarreas, daño renal, vómitos de sangre, hemorragia del estómago, intestinos y otros órganos (especialmente como suelen hacerlo los compuestos derivados del mercurio en el cerebro). La ingesta 1 ó 2 g causa casi siempre la muerte.

Medidas de protección personal que se deben de tomar en esta práctica son las siguientes:

- ✓ Guantes protectores, utilizar guantes de látex.
  
- ✓ Traje de protección, utilizar bata de laboratorio.
  
- ✓ Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.
  
- ✓ Trabajar en las campanas de extracción.

## 8.3.1.9 Práctica 9. Potenciometría o Conductimetría.

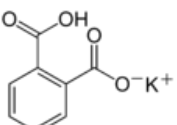
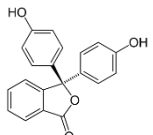
Reactivo	Formula Molecular	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup>	Riesgos Químicos según las Hojas de Seguridad
Hidróxido de Sodio	NaOH	8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales de amonio Produciendo amoníaco, originando peligro de incendio
Biftalato de potasio	C <sub>8</sub> H <sub>5</sub> KO <sub>4</sub> 	N/A	Sustancia clasificada como NO PELIGROSA
Fenolftaleína	C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub> 	N/A	Reacciona con fuertes agentes oxidantes.
Ácido Fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	8	Reacciona con Alcalis fuertes como el hidróxido de sodio o potasio.

Tabla 18. Peligrosidad asociada a los reactivos de la Práctica 9. Potenciometría y conductimetría.

El ácido fosfórico y el hidróxido de sodio son fuertemente corrosivos y producen lesiones cutáneas, oculares, de las mucosas y del esmalte dental. Estas lesiones pueden ir desde una simple irritación hasta la quemadura y necrosis localizada (muerte celular).

La fenolftaleína que se utiliza como indicador se sospecha que pueda generar un riesgo de cáncer y que este riesgo dependería del nivel y duración de exposición.

Medidas de protección personal que se deben de tomar en esta práctica son las siguientes:

- ✓ Guantes protectores, utilizar guantes de látex.
- ✓ Traje de protección, utilizar bata de laboratorio.
- ✓ Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.
- ✓ Trabajar en la campana de extracción.

### **8.3.2 Diagnóstico de los residuos.**

En las siguientes tablas se muestran los diagnósticos realizados a mezclas de residuos generados en el Laboratorio de Analítica I:

#### **8.3.2.1 Práctica 1. Marcha Analítica de Cationes.**

Debido a que esta práctica es cualitativa y que cada estudiante recibe una muestra diferente, los residuos o desechos que se generan pueden poseer mezcla

de cationes en soluciones acuosas como básicas o ácidas debido a los distintos ensayos que se realizan para cada grupo para la identificación de cada uno de ellos, los cuales son:

- ✓ Grupo Soluble:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$
- ✓ Grupo Cloruro:  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$
- ✓ Grupo Benzoato Básico:  $\text{Sn}^{+4}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$
- ✓ Grupo Fluoruros:  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$
- ✓ Grupo no anfótero:  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$
- ✓ Grupo anfótero:  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{As}^{3+}$

A continuación se muestra de forma general en la siguiente tabla los peligros generales asociados a ciertos cationes:

<b>Cationes</b>	<b>Formula Química</b>	<b>Peligrosidad</b>
Amonio	$\text{NH}_4^+$	Se consideran con mayor toxicidad para los humanos. La peligrosidad dependerá de las concentraciones en que se encuentren, si existe una exposición prolongada y de las
Bario	$\text{Ba}^{2+}$	
Manganeso	$\text{Mn}^{2+}$	
Níquel	$\text{Ni}^{2+}$	

Cadmio	$\text{Cd}^{2+}$	sales que estos generen.
Arsénico	$\text{As}^{3+}$	
Plata	$\text{Ag}^+$	Se consideran con mayor toxicidad para los humanos, medio ambiente y marino. La peligrosidad dependerá de las concentraciones en que se encuentren, si hay exposición prolongada con el catión y de las sales que estos puedan generar.
Mercurio	$\text{Hg}_2^{2+}$	
Antimonio	$\text{Sb}^{3+}$	
Plomo	$\text{Pb}^{2+}$	

Tabla 19. Peligrosidad de los cationes de la Práctica 1. Marcha Analítica de Cationes.

### 8.3.2.2 Práctica 2. Marcha Analítica de Aniones

Debido a que esta práctica es cualitativa y que cada uno de los estudiantes recibe una muestra diferente, los residuos o desechos que se generan pueden poseer mezcla de aniones en soluciones acuosas básicas o ácidas debido a los distintos ensayos que se realizan para cada grupo en la identificación de cada uno de ellos. Estos se dividen en:

- ✓ Grupo I:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SrO}_3^{2-}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{BO}_3^{3-}$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$
- ✓ Grupo II:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}_2^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $(\text{Fe}(\text{CN})_6)^{4-}$ ,  $(\text{Fe}(\text{CN})_6)^{3-}$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
- ✓ Grupo III:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ ,  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$

A continuación se muestra de forma general en la siguiente tabla los peligros asociados a los aniones:

Aniones	Formula Química	Peligrosidad según las Hojas de Seguridad
Sulfito	$\text{SO}_3^{2-}$	Se consideran con mayor toxicidad para los humanos. La peligrosidad dependerá de las concentraciones en que se encuentren, si existe una exposición prolongada y de los compuestos que puedan formarse con el ion.
Cromato	$\text{CrO}_4^{2-}$	
Arsenito	$\text{AsO}_3^{3-}$	
Arseniato	$\text{AsO}_4^{3-}$	
Oxalato	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	
Fluoruro	$\text{F}^-$	
Bromuro	$\text{Br}^-$	
Sulfuro	$\text{S}_2^{2-}$	
Nitrito	$\text{NO}_2^-$	
Clorato	$\text{ClO}_3^-$	
Carbonato	$\text{CO}_3^{2-}$	Se consideran con mayor toxicidad para el medio ambiente y marino. La peligrosidad dependerá de las concentraciones en que se encuentren, y de los compuestos que puedan formarse con el ion.
Cloruro	$\text{Cl}^-$	
Nitrato	$\text{NO}_3^-$	
Fosfato	$\text{PO}_4^{2-}$	Se consideran tóxicos para los humanos, medio ambiente y marino. La peligrosidad dependerá de las concentraciones en que se encuentren y de los compuestos que pueda formar el ion.
Cianuro	$\text{CN}^-$	
Tiosulfato	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	Se considera toxico para los humanos y puede reaccionar violentamente en presencia de nitritos y peróxidos y además se descompone a 45°C

Tabla 20. Peligrosidad asociada a los aniones de la Práctica 2. Marcha Analítica de Aniones.

### **8.3.2.3 Práctica 3. Muestra Sólida.**

Debido a que es una práctica cualitativa y cada uno de los estudiantes recibe una muestra diferente, los residuos que se generan en esta práctica pueden contener la unión de los aniones o cationes analizados anteriormente. Por lo que establecer una peligrosidad asociada a estos residuos resulta complejo.

Sin embargo es importante resaltar que los ensayos que se realizan para la identificación de la muestra son en medio ácidos o básicos, por lo tanto podría asociarse la corrosividad como peligrosidad característica y además la toxicidad, ya que existen ciertos iones que se consideran tóxicos para el medio ambiente discutidos anteriormente.

### **8.3.2.4 Práctica 4. Calibración de Instrumentos.**

No se realizó análisis de residuos ya que no se hace uso de reactivos por ende no se generan residuos.

### 8.3.2.5 Práctica 5. Titulación Ácido- Base.

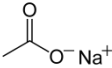
Residuos	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>	Peligros Químicos según las Hojas de Seguridad
<u>Estandarización del NaOH:</u>  Ftalato Ácido de sodio  Hidróxido de Sodio (solución)	$C_8H_5O_4Na$  $OH^-$	8 H8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales de amonio Produciendo amoniaco, originando peligro de incendio.
<u>Titulación Ácido base:</u> Acetato de Sodio Hidróxido de Sodio Ácido Acético (Solución)	$CH_3COO^-$  $OH^-$ $CH_3COOH$	8 H8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales de amonio Produciendo amoniaco, originando peligro de incendio.

Tabla 21. Peligrosidad asociada a los residuos generados en la Práctica 4 Titulación Ácido- Base.

Los residuos que se generan en la estandarización del hidróxido de sodio como la titulación del vinagre, se encuentran en soluciones corrosivas, los cuales pueden

ser nocivos a la salud provocando quemaduras en la piel e irritación en los ojos dependiendo de sus concentraciones.

### 8.3.2.6 Práctica 6. Gravimetría.

En la siguiente tabla se muestran los residuos que se generan en la determinación gravimétrica para el Níquel:

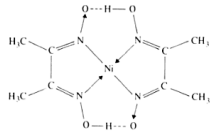
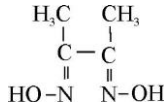
Residuos	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>	Riesgos Químicos según las Hojas de Seguridad
Dimetilglioximato de Níquel	(DMG) <sub>2</sub> Ni 	N/A	Riesgo según la NFPA para la salud 2
Residuo de filtración	Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ni <sup>2+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> OH <sup>-</sup>  (solución básica)	8 H8	Reacciona violentamente con agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, ácido sulfúrico, aldehídos, epóxidos, cianuros, sulfuros, carburos, boruros.

Tabla 22. Peligrosidad asociada a los residuos generados en la Práctica 6. Gravimetría para la determinación de níquel.

Uno de los residuos generados es el precipitado de Dimetilglioximato de níquel el cual no se aconseja su descargue ya que contiene cantidades de níquel presente que son peligrosos para el medio ambiente y pueden acumularse. Es importante mencionar que este quelato formado no posee datos de peligrosidad reportada, y es por ello que debe ser manejado bajo estrictas medidas de seguridad.

El residuo de filtración presenta ciertos iones en solución en concentraciones inocuas debido a los tratamientos realizados para la precipitación del quelato, sin embargo, estos se encuentran en una solución altamente corrosiva la cual puede generar quemaduras en la piel.

Los residuos que se generan en la determinación gravimétrica de sulfato son los siguientes:

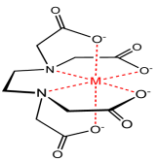
<b>Residuos</b>	<b>Formula Química</b>	<b>Clasificación de peligrosidad (NU) (40) Decreto 2635 (26)</b>	<b>Riesgos Químicos según las Hojas de Seguridad</b>
Sulfato de Bario (Precipitado)	BaSO <sub>4</sub>	6 H6.1	La reducción del sulfato de bario con Aluminio produce una explosión violenta
Filtrado (Solución)	Na <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Ba <sup>2+</sup> Cl <sup>-</sup> Ag <sup>+</sup> (Solución)	N/A	Se debe evitar la mezcla entre Aluminio, amoníaco, metales alcalinos, peróxidos, sulfóxidos.

Tabla 23. Peligrosidad asociada a los residuos generados Práctica 6. Gravimetría para la determinación de Sulfato.

El precipitado obtenido como residuo es una sustancia reportada como tóxica e infecciosa por lo cual no es aconsejable su descarte y evitar la acumulación de esta en los laboratorios para evitar generar algún peligro en caso de emergencia, lo cual podría dársele un uso como reactivo.

El residuo de la filtración contiene ciertos iones en concentraciones inocuas las cuales cumplen con los parámetros establecidos con el Decreto 883 Artículo 15.  
(29)

### 8.3.2.7 Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.

Residuos	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>	Riesgos Químicos según las Hojas de Seguridad
<u>Dureza Cálcica:</u> EDTA. Quelato- EDTA (Ca <sup>2+</sup> ). Rojo de metilo (Ca <sup>2+</sup> ). Hidróxido de Magnesio.  (solución básica por buffer)	 Mg <sup>2+</sup> OH <sup>-</sup> C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	8 H8	Capacidad para formar complejos no tóxicos a partir de metales tóxicos.  Reacciona con Agentes oxidantes fuertes. Ácidos fuertes

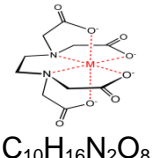
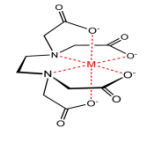
<p><u>Dureza total:</u> EDTA. Quelato- EDTA (Ca<sup>2+</sup>). Quelato-EDTA (Mg<sup>2+</sup>). NET (Ca<sup>2+</sup>).</p>	 <p>C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub></p>	<p>8 H8</p>	<p>Capacidad para formar complejos no tóxicos a partir de metales tóxicos.</p>
<p><u>Estandarización del</u> <u>EDTA:</u> EDTA. Quelato metal-EDTA (Ca<sup>2+</sup>). NET (Ca<sup>2+</sup>). Ca<sup>2+</sup> CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.  (Solución básica por buffer)</p>	<p>Ca<sup>2+</sup> CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>  C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub></p> 	<p>8 H8</p>	<p>Capacidad para formar complejos no tóxicos a partir de metales tóxicos.</p> <p>Reacciona con ácidos para liberar dióxido de carbono. Se enciende al hacer contacto con flúor. También es incompatible con alumbre y sales de amonio.</p>

Tabla 24. Peligrosidad asociada los residuos generados en la Práctica 6. Titulación Complejométricas.

Los residuos generados contienen complejos de EDTA que son considerados peligrosos al medio marino ya que no son biodegradables. También presentan cierta peligrosidad de corrosividad debido a la solución básica del buffer que se agrega para realizar la titulación, el cual se encuentran a pH 9-10 pudiendo generar quemaduras en la piel.

### 8.3.2.8 Práctica 8. Titulaciones Óxido- Reducción.

Residuos	Formula Química	Clasificación de Peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>	Riesgos Químicos según las Hojas de Seguridad
<u>Iones:</u> Hierro (2 <sup>+</sup> , 3 <sup>+</sup> ) Fosfato Cloruro Potasio <sup>(+)</sup> Zinc <sup>(2+)</sup> Mercurio <sup>(2+)</sup> Cromo <sup>(3+)</sup>  (Solución ácida)	$Fe^{2+}$ $Fe^{3+}$ $PO_4^{3-}$ $K^+$ $Cl^-$ $Zn^{2+}$ $Hg^{2+}$ $Cr^{3+}$ ( Solución ácida)	8  H8	Reacciona violentamente con agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, ácido sulfúrico, aldehídos, epóxidos, cianuros, sulfuros, carburos, boruros.  En el caso del mercurio: Por calentamiento intenso se producen humos tóxicos. Reacciona violentamente con metales alcalinos, Acetileno, amoníaco, cloro, dióxido de cloro.

Tabla 25. Peligrosidad asociada a los residuos generados en la Práctica 8.

#### Titulaciones Óxido-Reducción.

Este residuo presenta características ácidas, es decir, con propiedades corrosivas que pueden generar quemaduras en la piel, daños a la salud y al ambiente. Además contienen mezcla de iones en solución donde se desconocen de sus concentraciones por lo tanto, deben de ser manejado bajo estrictas medidas de seguridad.

## 8.3.2.9 Práctica 9. Potenciometria o Conductimetria.

Residuos	Formula Química	Clasificación de peligrosidad (NU) <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>	Riesgos Químicos según las Hojas de Seguridad
<u>Estandarización de Hidróxido de Sodio:</u>  Hidróxido de Sodio. Cloruro de sodio. Ftalato ácido de sodio.	$\text{Na}^+$ $\text{OH}^-$ $\text{Cl}^-$ $\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4^-$ (solución básica)	8 H8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales de amonio Produciendo amoníaco, originando peligro de incendio
<u>Titulación Potenciometrica:</u>  Fosfato de sodio. Hidróxido de sodio remanente. (solución básica)	$\text{Na}^+$ $\text{PO}_4^{3-}$ $\text{OH}^-$ (Solución básica)	8 H8	Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: Aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible. Reacciona con sales de amonio Produciendo amoníaco, originando peligro de incendio

Tabla 26. Peligrosidad asociada a los residuos generados en la Práctica 9.

Potenciometria y Conductimetria.

Ambos residuos generados en la práctica se encuentran en soluciones extremadamente corrosivas las cuales pueden generar algún daño a la salud como quemaduras en la piel o al ambiente si estas son liberadas.

### 8.3.3 Discusión General.

Las especies químicas presentan grados de peligrosidad individual (reactivos), y pueden ser manejadas por separados con las precauciones adecuadas. Este diagnóstico fue realizado con el fin de conocer las características de peligrosidad de los reactivos y residuos químicos que se manipulan en cada una de las prácticas y así establecer condiciones seguras.

En el caso de los residuos que se obtienen, pueden poseer trazas de los compuestos de partida debido a que algunas de las reacciones suelen ser reversibles. Es importante mencionar que el grado de peligrosidad de las especies por separado, generalmente se ve aumentado cuando se mezclan con otros compuestos.

En este laboratorio se trabajan con especies químicas corrosivas, tóxicas y que puedan generar algún daño al ambiente como el Ácido Clorhídrico, Hidróxido de Sodio, Ácido Fosfórico, Dicromato de potasio, EDTA, Cloruro de Bario, entre otras. Las cuales pudieran producir residuos con características de peligrosidad semejantes, donde en algunos casos la peligrosidad podría aumentar.

Por ende las medidas de protección personal que se deben tomar al trabajar en todas las prácticas del laboratorio de Química Analítica I son:

- ✓ Utilizar zapatos cerrados, de piso y con suela antiresbalante.

- ✓ Usar pantalón largo.
- ✓ Recoger el cabello largo.
- ✓ Evitar usar mangas largas y anchas; en caso de usarla cubrir y sujetarla completamente con las mangas de la bata.
- ✓ Evitar el uso de lentes de contacto; usar lentes de seguridad.
- ✓ Usar la bata cerrada durante toda la práctica con sus respectivos lentes de seguridad y guantes.
- ✓ Trabajar en campana de extracción.
- ✓ Utilizar protección respiratoria según sea el caso.

#### **8.3.4 Cantidades aproximadas generadas de residuos en Laboratorio de Analítica I.**

Para estimar un aproximado de las cantidades generadas de los residuos en cada una de las prácticas del Laboratorio de Analítica I, se tomaron las siguientes consideraciones:

- a. Número de alumnos que cursan el Laboratorio, en este caso, 12 estudiantes.
- b. Número de veces que se realizan cada experiencia (3-4) veces.

- c. Guía de Analítica I y Libro Underwood Química Analítica Cuantitativa (67).

A continuación se muestra por tablas y por laboratorio las cantidades aproximadas de los residuos generados:

#### 8.3.4.1 Prácticas 1-2-3. Marcha de Cationes, Aniones y Muestra Sólida.

En la práctica de aniones y cationes se consideró en principio la cantidad de muestra que se entrega por estudiante, donde generalmente son 20mL. En el caso de la muestra sólida se consideró la cantidad de muestra que se hace entrega por estudiante la cual es de 5g, para el cálculo aproximado de residuos generados.

A continuación se refleja las cantidades aproximadas que se generan en estas tres prácticas cualitativas:

<b>Experiencia</b>	<b>Cantidades Aproximadas Semestralmente</b>	<b>Cantidades Aproximadas Anualmente</b>
Marcha Analítica de Cationes	(840±84)mL	(1,7±0,2)L
Marcha Analítica de Aniones	(720±72)mL	(1,4±0,1)L
Muestra Sólida	(960±96)mL	(1,9±0,2)L

Tabla 27. Cantidades aproximadas generadas de los residuos de la Práctica 1-2-3.

Marcha de Cationes, Aniones y Muestra Sólida.

### 8.3.4.2 Práctica 4. Calibración de Instrumentos.

Como no se generan residuos no es posible calcular un estimado de la cantidad segregada.

### 8.3.4.3. Práctica 5. Titulación Ácido-Base.

<b>Experiencia</b>	<b>Cantidades Aproximadas Semestralmente</b>	<b>Cantidades Aproximadas Anualmente</b>
Titulación Vinagre	(1,20±0,06)L	(2,6±0,1)L
Estandarización de NaOH	(3,60 ±0,04)L	(7,2± 0,1)L

Tabla 28.Cantidades aproximadas de residuos generados en la Práctica 5. Titulación Ácido Base.

### 8.3.4.4 Práctica 6.Gravimetría.

En el caso de la determinación gravimétrica de níquel se tiene:

<b>Experiencia</b>	<b>Cantidades Aproximadas Semestralmente</b>	<b>Cantidades Aproximadas Anualmente</b>
Obtención de Dimetilgloximato de Níquel	(80,2±0,1)g	(160,5±0,2)g

Filtrado de la obtención del Dimetilglioximato de Níquel	(11,0±0,8) L	(22,0±1,7)L
--	--------------	-------------

Tabla 29.Cantidades aproximadas de residuos generados en la Práctica 6.  
Gravimetría, determinación de níquel.

Para la determinación gravimétrica del sulfato las cantidades generadas son las siguientes:

<b>Experiencia</b>	<b>Cantidades aproximadas semestralmente</b>	<b>Cantidades aproximadas anualmente</b>
Obtención del Sulfato de Bario	(19,20±0,01)g	(38,40±0,02)g
Filtrado de la obtención del Sulfato de Bario	(4,2±0,8)L	(8,5±1,5)L

Tabla 30.Cantidades aproximadas de residuos generados en la Práctica 6.  
Gravimetría determinación de Sulfato.

#### 8.3.4.5 Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.

<b>Experiencia</b>	<b>Cantidades aproximadas semestralmente</b>	<b>Cantidades aproximadas anualmente</b>
Estandarización del EDTA	(3,2±0,8)L	(6,4±1,6)L
Obtención de Dureza	(4,6±0,7)L	(9,1±1,4)L

total		
Obtención de Dureza Cálcica	(4,2±0,8)L	(8,4±1,5)L

Tabla 31. Cantidades aproximadas de los residuos generados en la Práctica 7.  
Titulaciones Complejométricas.

#### 8.3.4.6. Práctica 8. Titulaciones Óxido-Reducción.

Experiencia	Cantidades aproximadas semestralmente	Cantidades aproximadas anualmente
Titulación Óxido- Reducción	(1,9±0,7)L	(3,9±1,5)L

Tabla 32. Cantidades aproximadas generadas de los residuos en la Práctica 8.  
Titulaciones Óxido-Reducción.

#### 8.3.4.7. Práctica 9. Potenciometría o Conductimetría.

Experiencia	Cantidades Aproximadas Semestralmente	Cantidades aproximadas anualmente
Estandarización de Hidróxido de Sodio	(1,6±0,7)L	(3,2±1,4)L
Titulación Potenciométrica	(1,3±0,8)L	(2,6±1,7)L

Tabla 33. Cantidades aproximadas generadas de los residuos en la Práctica 9.  
Potenciometría y Conductimetría.

#### **8.4 Recolección selectiva y segregada de los residuos que se generan en el Laboratorio de Analítica I, determinando los diferentes recipientes necesarios.**

La propuesta de recolección de los residuos generados en el Laboratorio de Química Analítica I, se realizó en base al DECRETO 2635 <sup>(26)</sup> “Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos” CAPITULO II, del almacenamiento y transporte, en su Artículo 17 define que: Los envases rígidos para contener materiales peligrosos recuperables deben ser:

- ✓ Resistentes a los efectos del material.
- ✓ Provistos de tapa hermética y en condiciones que no presenten riesgos de fugas, derrames ni contaminación.
- ✓ Cada envase debe poseer la etiqueta que indique nombre del producto, condición peligrosa con su símbolo correspondiente, estado físico, cantidad, procedencia y fecha de envasado.
- ✓ Ser reusables o no.

Tomando como soporte este decreto, se propuso la utilización de recipientes de vidrio y plástico, de diferente capacidad, algunos nuevos y otros productos de la recuperación de recipientes ejemplo los de los ácidos o bases, a los que se les debe realizar una limpieza y lavado óptimo para poder contener residuos que se encontraban en soluciones ácidas o básicas, evitando la compra innecesaria de nuevos recipientes. En base a esto los residuos fueron recolectados como se expresa a continuación en la Tabla 35:

<b>N° de práctica</b>	<b>Experiencia</b>	<b>Estado Físico</b>	<b>Tipo de recipiente</b>
1	Mezcla de residuos de cationes	Líquido	Vidrio color ámbar
2	Mezcla de residuos de aniones	Líquido	Vidrio color ámbar
3	Mezcla de residuos de muestra sólida	Líquido	Vidrio color ámbar
5	Estandarización de NaOH	Líquido	Vidrio color ámbar o plástico
5	Titulación del vinagre	Líquido	Vidrio color ámbar o plástico
6	Filtrado de la obtención del Dimetilglioximato de Níquel	Líquido	Vidrio color ámbar
6	Obtención del Dimetilglioximato de Níquel	Sólido	Plástico
6	Filtrado de la obtención del sulfato de bario	Líquido	Vidrio color ámbar o plástico
6	Obtención del Sulfato de Bario	Sólido	Plástico
7	Estandarización del EDTA	Líquido	Vidrio color ámbar
7	Determinación de dureza cálcica	Líquido	Vidrio color ámbar
7	Determinación de dureza total	Líquido	Vidrio color ámbar
8	Titulación Óxido-Reducción	Líquido	Vidrio color ámbar
8	Estandarización de NaOH	Líquido	Vidrio Color ámbar o plástico
9	Titulación Potenciometrica	Líquido	Vidrio Color ámbar

Tabla 34. Recipientes utilizados en la recolección de los residuos.

Por lo siguiente:

Los recipientes de vidrio: pueden ser utilizados para todos los residuos en estado líquido y con sólidos en suspensión que puedan interaccionar con recipientes plástico.

Es importante mencionar que los recipientes de vidrio representan un peligro asociado a la alta probabilidad de ruptura, por lo tanto implicaría tomar medidas de seguridad necesarias al momento de su uso.

Recipientes de plástico: pueden ser utilizados para los sólidos o residuos que no reaccionen con el plástico, debido a que los mismos poseen bocas anchas, y son de fácil de manejo.

Debido a que ciertas experiencias del Laboratorio de Analítica I requieren la preparación de soluciones y estas quedan en exceso acumulándose semestralmente pudiendo generar algún peligro asociado a la salud o al ambiente, se recomienda disponerlas en envases previamente etiquetados (Tabla 35) de acuerdo a su estado físico y característica, para así reutilizarlas en los diversos laboratorios que se encuentran en docencia o del mismo Laboratorio de Analítica I. Las soluciones que quedan en exceso son las siguientes:

<b>N° de Práctica</b>	<b>Solución</b>	<b>Tipo de recipiente</b>
5	NaOH 0,1M	Vidrio color ámbar o plástico
7	EDTA 0,01M	Vidrio color ámbar o plástico
8	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> 0,05M	Vidrio color ámbar
9	NaOH 0,1M	Vidrio color ámbar o plástico

Tabla 35. Recipientes utilizados para soluciones preparadas en el laboratorio de Analítica I.

Si el volumen del residuo es mayor al que dispone el envase, se recolectaran en tantos envases sean necesarios.

A pesar que el plástico tiene más desventajas como recipiente que el vidrio, una de las razones de almacenar muchos de estos residuos en recipientes plásticos se basa en el hecho que, en la práctica existe una mayor disponibilidad de este tipo de recipientes para reciclaje, respecto a los del vidrio (ámbar), por otra parte, los residuos generados en el Laboratorio de Analítica I son mezclas de compuestos diluidos lo que hace menos probable las posibles interacciones del residuo con el material.

Se sabe que en los laboratorios de docencia y específicamente en el de Laboratorio de Analítica I, el espacio disponible para colocar los recipientes que contienen los residuos no es el más idóneo, ya que se aleja de las normas de almacenamiento temporal establecidas, por lo que el riesgo de accidentes se incrementa potencialmente al utilizar en mayor proporción los recipientes de vidrio por ser estos, más pesados y frágiles a rupturas en comparación a los del plástico.

En el laboratorio de Química Analítica I, se efectúan 8 prácticas en el semestre, las cuales poseen un número determinado de experimentos con sus respectivas metodologías. A partir de las metodologías se realizó un sistema de generación representado por diagramas de segregación de residuos:

Los diagramas de segregación contienen:

- ✓ El número de la práctica.
- ✓ El nombre del experimento.
- ✓ La reacción de la síntesis.
- ✓ El código del residuo.

- ✓ Nombre del laboratorio.

A través de los diagramas de segregación se conoce:

- ✓ La cifra total de residuos que se generan por práctica.
- ✓ Los componentes químicos del residuo.
- ✓ Los recipientes adecuados para recolectarlos.
- ✓ El almacenaje adecuado, para cada uno de ellos.

Los diagramas están representados en el anexo AN-5. Debido a que en las prácticas 1,2 y 3 Marcha analítica de cationes, aniones y muestra sólida son cualitativas y presentan una gran diversidad de procedimientos de análisis, se manejan los diagramas por grupo de iones.

#### **8.4 Evaluación los residuos y desechos establecidos en el Laboratorio de Analítica I.**

Ya establecidos los parámetros en la metodología con sus respectivas ponderaciones, se realizó una tabla con los residuos generados y con la sumatoria de los parámetros para obtener finalmente el factor de selección que nos permitirá elegir el residuo al cual se le realizó el tratamiento:

<b>Residuo</b>	<b>Práctica</b>	<b>Cantidad aproximada generada por semestre</b>	<b>Clasificación de Peligrosidad según (NU)<sup>(40)</sup> DECRETO 2635<sup>(26)</sup></b>	<b>Viabilidad</b>	<b>Factor de selección</b>
Filtrado de la obtención del Dimetilglioximato de Níquel	6	5	5	1	11
Obtención Dureza Total	7	3	5	1	9
Filtrado de la obtención del Sulfato de Bario	6	3	1	1	5
Obtención Dureza Cálcica	7	3	5	1	9
Estandarización de NaOH	5	3	5	1	9
Estandarización del EDTA	7	1	5	3	9
Titulación Óxido Reducción	8	1	5	1	7
Estandarización de Hidróxido de Sodio	9	3	5	1	9
Titulación Potenciometrica	9	1	5	3	9
Titulación Vinagre	5	1	5	1	7
Mezcla de residuos Muestra sólida	3	1	1	1	3

Mezcla residuos de cationes	1	1	1	1	3
Mezcla de Residuos de aniones	2	1	1	1	3
<b>Dimetilglioximato de Níquel (Precipitado)</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>13</b>
Sulfato de Bario (Precipitado)	6	5	1	1	7

Tabla 36. Escogencia del residuo a tratar a través de la sumatoria de los parámetros establecidos

Basándonos en los resultados obtenidos del factor de selección a través de los parámetros establecidos, el residuo que obtuvo mayor ponderación del factor de selección fue el **dimetilglioximato de níquel**, del cual se generan aproximadamente 80gr semestralmente. Este residuo solo está categorizado según la NFPA 704 en riesgo a la salud, con una clasificación 2, sin embargo, se conoce que ciertos compuestos con centro metálico níquel, son considerados altamente cancerígenos y tienden bioacumularse, las cuales deben de ser tratadas con mucha precaución.

A continuación se muestra el diagrama ecológico (Figura 14) elaborado para el tratamiento a emplear al residuo escogido:

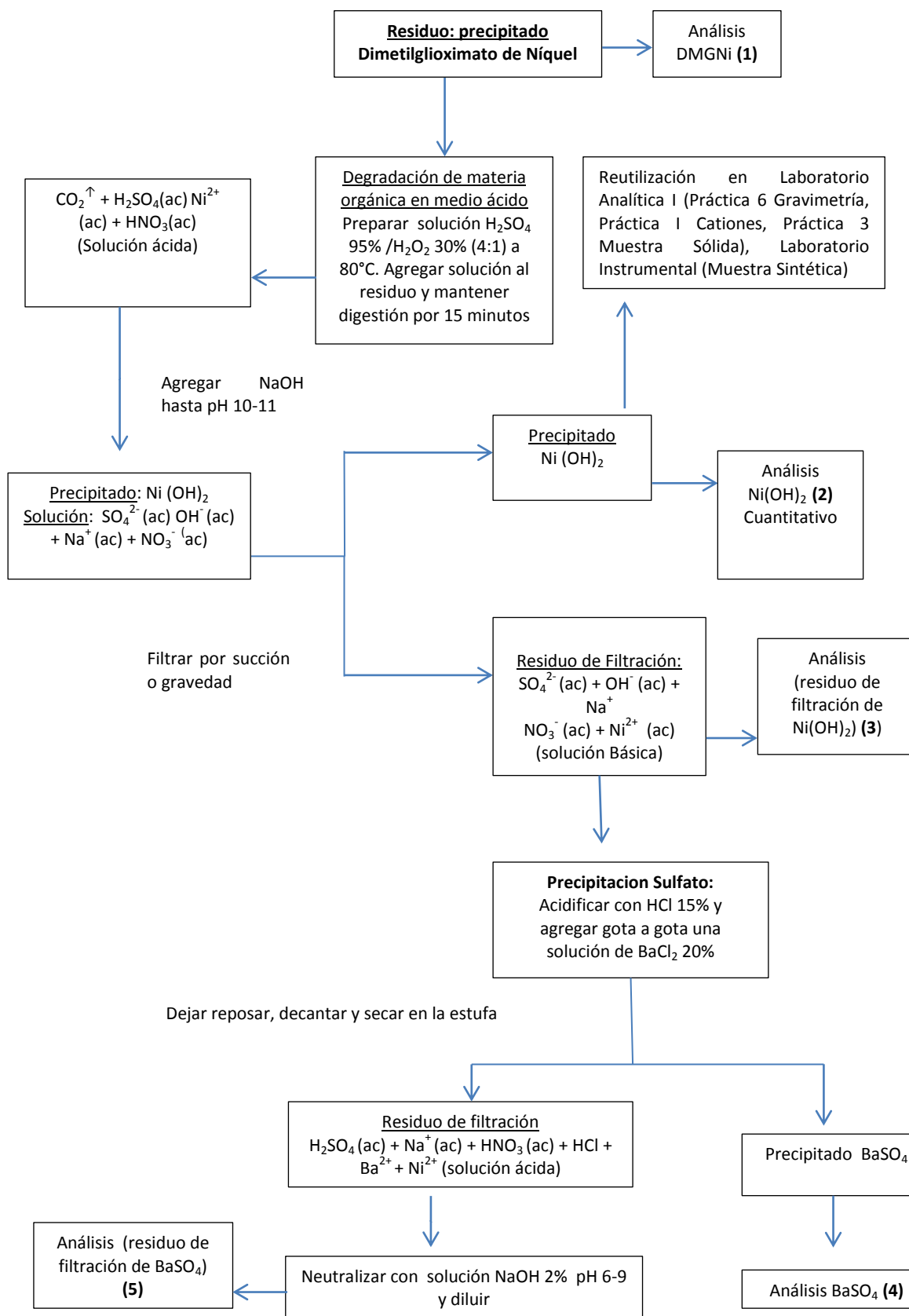


Figura 14. Diagrama ecológico para el tratamiento del residuo de Dimetilglioximato de Níquel. Fuente elaboración propia.

Observaciones: generalmente el residuo que generan los estudiantes contiene Dimetilglioximato de níquel con asbesto, ya que preparan capas de asbesto para poder filtrar y finalmente llevar a peso constante. En la práctica se determinó que el asbesto interfiere en el proceso de degradación del residuo, por lo cual se le debe hacer un proceso previo de disolución del complejo en medio ácido.

Tomado en consideración que el asbesto es una sustancia altamente cancerígena y que la presencia de éste interfiere en la degradación del residuo de Dimetilglioximato de níquel, la filtración de éste se realizó sin las placas de asbesto.

Debido a la solubilidad del Dimetilglioximato de níquel en ácido clorhídrico, se agregó una solución de éste ácido al 15% en caliente hasta disolver completamente el residuo observando una solución verde y en el fondo el asbesto, ya que este es completamente insoluble en el ácido. Posteriormente, se filtró por succión realizando lavados con el ácido hasta obtener el asbesto totalmente limpio y separado de esta solución. El asbesto recuperado puede reutilizarse nuevamente en el Laboratorio de Analítica I para preparar las capas filtrantes en la práctica de gravimetría, sin embargo, se aconseja utilizar embudos Gooch para evitar el contacto con una sustancia cancerígena como lo es el asbesto y simplificar el tratamiento del residuo.

El Dimetilglioximato se regenera agregando cuidadosamente una solución de NaOH 2M hasta PH 10 ya que este precipita en medio básico, generando nuevamente el residuo de partida de color rojo. Se filtra y finalmente se introduce a la estufa en 100°C para obtener el residuo inicial y realizar su tratamiento descrito en el Diagrama Ecológico Figura #14.

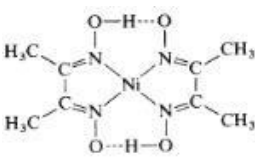
La degradación del residuo se realiza para recuperar el níquel presente como hidróxido de níquel, sin condición que éste se encuentre totalmente puro, ya que puede reutilizarse para realizar nuevamente la Practica 6 Gravimetría (Determinación de Níquel), en la práctica 1 Marcha Analítica de Cationes, práctica 3

Marcha Analítica de Muestra Sólida o en otros Laboratorios como en Instrumental en la muestra sintética.

El filtrado del hidróxido de níquel contiene sulfato que proviene del ácido sulfúrico presente en la degradación del residuo. Estos sulfatos deben ser recuperados a través de un proceso de precipitación el cual consiste en agregar una solución de  $\text{BaCl}_2$  al 20% cuantitativamente, obteniendo el sulfato de bario el cual puede utilizarse. Este procedimiento nos acerca a las concentraciones de iones en agua madres de los parámetros establecidos por el Decreto 883.

### 8.5.1 Reacciones que se llevan a cabo en el tratamiento del residuo.

En la siguiente tabla se muestran las reacciones que se llevan a cabo en el proceso de degradación de la materia orgánica para poder recuperar el níquel presente, como también la precipitación del mismo y finalmente la precipitación del sulfato de bario para recuperar el sulfato presente en las aguas madres.

<b>Reacciones involucradas en el tratamiento del residuo de dimetilglioximato de níquel (DMGNI)</b>	
<b>Degradación de materia orgánica en medio ácido (<math>\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2</math>)<sup>(68)</sup></b>	
	$+ \text{H}_2\text{SO}_{4(c)} + \text{H}_2\text{O}_{2(ac)} \longrightarrow \longrightarrow \longrightarrow \text{NO}_3^-(ac) + \text{CO}_{2(g)} + \uparrow \text{Ni}^{2+}(ac) + \text{H}_2\text{O}$
<b>Precipitación del hidróxido de níquel <math>\text{Ni}(\text{OH})_2</math><sup>(69)</sup></b>	
$\text{Ni}^{2+}_{(ac)} + 2 \text{NaOH}_{(ac)} \longrightarrow \text{Ni}(\text{OH})_{2(s)} + \text{Na}^+_{(ac)}$	

**Precipitación del Sulfato de Bario (BaSO<sub>4</sub>)<sup>(70)</sup>**

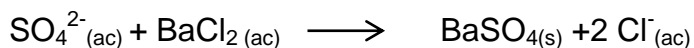


Tabla 37. Reacciones que se llevan a cabo en el tratamiento del residuo.

### 8.3.5 Ventajas del tratamiento del residuo de Dimetilglioximato de níquel:

- ✓ El residuo que se recupera como hidróxido de níquel se puede reutilizar (Tabla 38) para realizar nuevamente la Práctica de Gravimetría para la determinación de níquel, como también en las prácticas: Marcha Analítica de Cationes, muestra sólida, y en otros laboratorios como Instrumental (Muestra Sintética).
- ✓ Facilidad del tratamiento.
- ✓ Tiempo de realización del tratamiento corto.
- ✓ El costo de las sustancias recuperadas es mayor a la inversión para el tratamiento del residuo, lo cual se traduce a una ganancia neta apreciable. Ver Tabla 44.

En la siguiente tabla se plasma los distintos usos de los sólidos generados en el diagrama ecológico para el tratamiento del residuo:

Sustancias	Usos
<p><b>Hidróxido de Níquel recuperado</b></p>	<p>Para la producción de otras Sales de níquel.</p> <p>Para baterías como cátodo de hidróxido de níquel.</p> <p>Es uno de los compuestos de partida utilizado en el laboratorio para la realización de esta misma práctica 6 Gravimetría.</p> <p>Puede reutilizarse en diversos Laboratorios de Docencia (Laboratorio Instrumental para muestra sintética, Laboratorio Analítica I , muestra de cationes y sólida)</p>
<p><b>Sulfato de Bario generado</b></p>	<p>Para la fabricación de agua oxigenada.</p> <p>Fabricación del litopón (combinación de sulfuros y sulfatos para recubrimientos), como estándar del blanco y como carga mineral.</p> <p>En las industrias de caucho como material de relleno y en la pintura.</p> <p>En la industria de los frenos, del vidrio y como recubrimiento en las salas de rayos X.</p>

Tabla 38. Usos de los sólidos generados en el diagrama ecológico para el tratamiento del residuo.

En la siguiente tabla se muestra las incompatibilidades químicas y algunas propiedades de los reactivos a utilizar para el tratamiento del residuo escogido:

<b>Nombre</b>	Ácido Sulfúrico	Hidróxido de Sodio	Peróxido de Hidrogeno	Ácido Clorhídrico	Cloruro de bario
<b>Formula</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	HCl	BaCl <sub>2</sub>
<b>Aspecto</b>	Líquido transparente e incoloro	Sólido blanco	Líquido incoloro	Líquido transparente incoloro	Cristales incoloros
<b>Olor</b>	Característico	Inodoro	Ligero característico	Característico	Inodoro
<b>Punto de Ebullición (°C)</b>	-15	318,4	-50	-25	960
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	-15	318,4	-50	-25	960
<b>Densidad (g/ml)</b>	1,84	2,13	1,45	1,19	3,9
<b>Solubilidad</b>	Miscible con el agua	Soluble en agua, alcoholes y glicerol, insoluble en acetona	Soluble en agua y alcohol.	Miscible con el agua	357 g/l en agua a 20°C
<b>Incompatibilidades químicas</b>	Reacciona con el Agua. Con Compuestos alcalinos. Amoníaco. Soluciones alcalinas. Ácidos. Metales y sus aleaciones. Hidruros. Halogenuros de halógeno. MnO <sub>4</sub> . Nitratos. Carburos. Disolventes orgánicos.	En contacto con ácidos y compuestos orgánicos halogenados, especialmente el tricloroetileno, puede provocar reacciones violentas.	Puede reaccionar con materiales combustibles, agentes reductores, iones metálicos.	Reacciona con Aluminio. Aminas. Carburos. Hidruros. Flúor. Metales alcalinos. KMnO <sub>4</sub> . Bases fuertes. Ácido sulfúrico concentrado. Hidruros de metaloides. Óxidos de metaloides.	Reacciona con Halogenuros de halógeno. Ácido furano-2-percarboxílico.

Tabla 39. Toxicidad y propiedades fisicoquímicas de reactivos para el tratamiento del residuo

### 8.3.6 Costos y grados de peligrosidad de los reactivos:

Las alternativas de tratamiento implica el uso de reactivos, los cuales tienen un costo y grado de peligrosidad asociado:

Reactivo	Concentración (%)	Cantidad	Costo (\$)	Grado de peligrosidad según la ONU <sup>(40)</sup>
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	99,99	100mL	64,70	8
	95-98	500mL	50,70	
<b>NaOH</b>	99,99	5g	48,2	8
		250g	160,5	
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	30	5mL	29,90	5.1
		100mL	36,50	
<b>BaCl<sub>2</sub></b>	98%	100g	31	6.1
<b>HCl</b>	37%	2.50 L	89.70	8

Tabla 40. Costos y grados de peligrosidad de los reactivos para el tratamiento del residuo.

### 8.3.7 Costo del tratamiento del residuo.

En la siguiente tabla se muestra la inversión necesaria para realizar el tratamiento del residuo de dimetilglioximato de níquel estimando que se generan 40g semestralmente. Tomando en consideración los datos señalados en la Tabla # 40 se tiene:

Reactivo	Cantidad	Costo (\$)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 95%	40mL	4,06
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30%	10mL	3,65
NaOH 99,99%	40g	25,68
HCl 37%	15mL	46,5
BaCl <sub>2</sub> 98%	150g	0,54
<b>TOTAL</b>		<b>80,42\$</b>

Tabla 41. Costo total de inversión para el tratamiento del residuo.

### 8.3.8 Costos y grados de peligrosidad de las sustancias que se van a generar en el tratamiento del residuo.

En la siguiente tabla (Tabla 42) se muestra los costos según las referencias bibliográficas asociados a las sustancias que se generan con sus respectivos grados de peligrosidad:

Reactivos	Cantidad (g)	Costo(\$)	Grado de peligrosidad según la NU <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>
Ni(OH) <sub>2</sub>	5	29,70	H11
	250	47,50	
BaSO <sub>4</sub>	20	93,10	6.1
	100	367	H6.1

Tabla 42. Costos y grados de peligrosidad de las sustancias que se generan en el tratamiento del residuo.

Toda especie química comprende un grado de peligrosidad, en este caso las sustancias obtenidas del tratamiento del residuo presentan características tóxicas, las cuales se deben establecer medidas de seguridad necesarias al momento de su reuso a nivel industrial o en los laboratorios para evitar daños al ambiente o a la salud del operador.

### 8.3.9 Costo total de las sustancias recuperadas en el tratamiento del residuo.

En la siguiente tabla se muestra las cantidades aproximadas que se podrían generar una vez realizado el tratamiento del residuo de dimetilglioximato de níquel estimando que de este se generan 40g por semestre. Tomando en consideración los datos señalados en la Tabla 42 se tiene:

<b>Reactivo</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Costo (\$)</b>
Ni(OH) <sub>2</sub> puro	2	11,88
BaSO <sub>4</sub> puro	130	477
<b>TOTAL</b>		<b>488,88 \$</b>

Tabla 43. Costo aproximado de las sustancias generadas al realizar el tratamiento de residuo.

### 8.3.10 Comparación de costo de tratamiento vs costo de sustancias recuperadas.

Basándonos en los cálculos obtenidos del costo de tratamiento del residuo y de las sustancias recuperadas en el tratamiento señalado anteriormente, se puede obtener la ganancia total estimada como se muestra a continuación:

<b>Costo total de tratamiento de residuo (\$)</b>	<b>Costo total de sustancias recuperadas del tratamiento del residuo (\$)</b>	<b>Ganancia neta estimada (\$)</b>
80,42	488,88	408,46

Tabla 44. Costo total de tratamiento vs Costo total de sustancias recuperadas en previo tratamiento del residuo.

El costo de las sustancias obtenidas a través del tratamiento del residuo es mayor a la inversión necesaria para realizar dicho tratamiento, el cual genera una

ganancia neta apreciable de 408,46 \$ con lo cual se evidencia otro de los beneficios de aplicar el tratamiento a este residuo en particular.

### 8.3.11 Metodología aplicada para la generación del residuo.

Se pesó una muestra de la sal de níquel en un vaso precipitado de 1L la cual contenía lo siguiente:

Características de la muestra	
Gramos NaCl	(2,1708±0,0003)g
Gramos NaSO <sub>4</sub>	( 0,6293±0,0003)g
Gramos de Níquel	(0,3894±0,0003)g
Gramos totales de muestra	( 2,9765±0,0003)g

Tabla 45. Características de la muestra para generar el Dimetilglioximato de níquel.

Se disolvió la muestra en 60mL de HCl concentrado en caliente. Luego de la disolución completa, se agregó 400mL de H<sub>2</sub>O destilada y se calentó casi a ebullición manteniendo la temperatura a 70°C.

Se dejó reposar a temperatura ambiente para luego agregar 60mL de una solución de Dimetilglioxima al 1%. Se alcalinizó con aproximadamente 60mL de NH<sub>4</sub>OH.

Se dejó digerir 30min el precipitado a una temperatura de 60°C y finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Para culminar, se realizó una filtración a través de un sistema de succión y se realizaron lavados con agua fría. Se colocó el sólido obtenido en la estufa a una

temperatura de 100 ° C por 30 min, donde finalmente se obtuvo el Dimetilglioximato de Níquel seco.

#### **8.5.9 Tratamiento realizado para el residuo generado.**

Se pesaron tres muestras de (0,33-034) g aproximadamente del residuo generado. Antes de realizar la degradación de materia orgánica en medio ácido, se preparó una solución, agregando a un beacker de 50mL ,1mLde H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95% y 0,5mLde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%, se calentó esta solución a una temperatura entre (80-100) °C por 20 min.

Al culminar el tiempo establecido, se fue agregando poco a poco el residuo para degradarlo. Agregado todo el residuo, se dejó calentar por 10 min observando la desaparición del sólido rojo y aparición de una solución verde característica de la presencia de níquel.

Luego del calentamiento se dejó reposar esta solución verdosa a temperatura ambiente, se disolvió con 20mL de agua destilada y se dispuso el proceso de precipitación del hidróxido de níquel agregando una solución de 2M NaOH hasta alcanzar un PH 9-10 observando la formación de un precipitado verde.

Finalizado el proceso de precipitación, se dispuso a filtrar por gravedad el precipitado y finalmente se dejó secar en la estufa por 40 min a 60°C.

El filtrado obtenido de la precipitación del Hidróxido de Níquel contiene iones sulfato debido a la agregación de este para degradar el residuo inicial, por ende, se realizó una precipitación química para recuperar el sulfato presente. Como primer paso, se prepararon soluciones de HCl 3M, 0,03M y BaCl<sub>2</sub> 20%.

Se acidificó cada una de estas tres soluciones del filtrado con el HCl al 3M y 0,03M hasta llegar a un PH 3 , luego se agregó la cantidad necesaria para precipitar

cuantitativamente el sulfato de bario, en este caso se agregó 17mL una solución de  $\text{BaCl}_2$  20% , observando la aparición instantánea de un precipitado blanco, característico del sulfato de bario.

Finalmente se calentó por 15min para que la solución se tornara incolora y aumentara el proceso de nucleación del sólido. Se dejó enfriar y se decantó cada una de estas soluciones. El sólido obtenido se dejó secar a la estufa por 1 día.

El residuo de decantación generado se le midió el pH para poder neutralizar a través de una solución de NaOH al 5% a un PH 6-9 ya que estas soluciones se encontraban en un medio fuertemente ácido PH 4.

Este procedimiento se muestra en el diagrama ecológico. Figura #14.

#### **8.5.10 Material necesario para realizar el tratamiento del residuo:**

- ✓ Balanza.
- ✓ Piceta.
- ✓ Espátula.
- ✓ Pipetas Volumétricas (1, 3, 5, 10,20) mL
- ✓ Beacker (50, 100,400) mL
- ✓ Cilindro Graduado 10mL
- ✓ Estufa.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Soporte Universal.

- ✓ Papel PH.
- ✓ Papel de Filtro.
- ✓ Embudo de Tallo Corto.
- ✓ Fiola 250mL
- ✓ Balones Aforados (25, 50, 100,250) mL
- ✓ Perlas de Ebullición.

#### 8.5.11 Análisis de las sustancias recuperadas y residuos de filtración del tratamiento del residuo.

Los análisis de las sustancias recuperadas y residuos de filtración fueron realizados por el Instituto de Ciencias de la Tierra (ICT), Facultad de Ciencias, UCV. El reporte del análisis puede observarse en el anexo AN-8

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

##### 1. Muestra sólida Dimetilglioximato de Níquel (DMG<sub>Ni</sub>)

Técnica analítica: Determinación de Ni<sup>2+</sup> por absorción atómica.

Muestra	%Pureza	Peso (g)	Ni <sup>2+</sup> (mg/Kg)
DGMNi	96,20 ± 0,98	1,0441 ± 0,0001	195486 ± 1005

Tabla 46. Resultados de Dimetilglioximato de Níquel (Residuo de partida)

Se realizó un análisis del residuo de partida el cual es el dimetilglioximato de níquel que proviene de la unión de la dimetilglioxima y una sal de níquel, para determinar la concentración y pureza de las sustancias que conforman dicho residuo.

Como puede observarse el porcentaje de pureza reportado a través de los análisis es de 96,20% lo cual corresponde una concentración de níquel de 195486mg/Kg. Donde el objetivo principal de este tratamiento fue recuperar el níquel presente en dicho residuo.

A este residuo se le realizó una degradación de la materia orgánica para recuperar el níquel presente como de hidróxido de níquel a través de la adición de una solución de NaOH hasta un Ph 11. A estas tres muestras se les realizaron un análisis cuantitativo para determinar la concentración y pureza de la sustancia recuperada como hidróxido de níquel.

## 2. Hidróxido de Níquel Recuperado

Técnica analítica: Determinación de  $\text{Ni}^{2+}$  por absorción atómica y  $\text{SO}_4^{2-}$  mediante Cromatografía Iónica

Muestra $\text{Ni}(\text{OH})_2$	% Pureza	$\text{Ni}^{2+}$ (mg/Kg)	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/Kg)	Peso de $\text{Ni}(\text{OH})_2$ recuperado (g)
1	52,64 ± 0,11	333334 ± 2184	12403 ± 97	0,2038 ± 0,0001
2	57,06 ± 0,11	361326 ± 2184	10839 ± 97	0,2506 ± 0,0001
3	43,69 ± 0,11	276666 ± 2184	14600 ± 97	0,3861 ± 0,0001
<b>Promedio</b>	51 ± 7	323775 ± 35216	12614 ± 1543	0,2801 ± 0,0773

Tabla 47. Resultados de la recuperación del Hidróxido de Níquel.

Como se puede observar el porcentaje de pureza promedio del Hidróxido de Níquel recuperado es de  $51\% \pm 7$ , en base a los resultados reportados indican la presencia de sulfato como impureza, ya que este producto se obtuvo a través de la técnica de precipitación y no se recristalizó debido a que, al aplicar las pruebas de solubilidad respectivas, esta sustancia no presentó solubilidad en ninguno de los solventes utilizados (agua, acetona, isopropil, etanol, hexano), lo cual es característico del Hidróxido de Níquel.

A pesar de que el Hidróxido de Níquel obtenido no presenta una alta pureza, el níquel presente en el residuo inicial fue recuperado en una alta proporción; este puede reutilizarse en los laboratorios de Química Analítica I para muestras de cationes, aniones o muestras sólidas, en las cuales se identifica cualitativamente la presencia del ion  $\text{Ni}^{2+}$ ; además este producto puede utilizarse como reactivo de partida para la determinación gravimétrica de níquel a través del precipitado de dimetilgloximato de níquel; y también es posible reutilizarlo como muestra sintética en el Laboratorio de Instrumental.

### 3. Residuo Filtración de $\text{Ni}(\text{OH})_2$

Una vez recuperado el níquel del residuo, se realizó un análisis de los iones que se encontraban en la solución madre luego de la filtración. A continuación se muestra los resultados obtenidos:

Técnica analítica:

- ✓ Determinación de  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Ba}^{2+}$ : Absorción atómica.
- ✓  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$ : Cromatografía iónica.
- ✓  $\text{OH}^-$ : Titulación ácido-base

Muestra	Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	OH <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
1	<1,0	$2,162 \times 10^{-4} \pm 0,040 \times 10^{-4}$	$27257 \pm 158$	$29,76 \pm 0,27$
2	<1,0	$1,658 \times 10^{-2} \pm 0,030 \times 10^{-4}$	$38831 \pm 158$	$15,61 \pm 0,27$
3	<1,0	$1,171 \times 10^{-2} \pm 0,030 \times 10^{-4}$	$47395 \pm 158$	$55,29 \pm 0,27$
<b>Promedio</b>	<1,0	$9,5 \times 10^{-3} \pm 6,8 \times 10^{-3}$	$37827 \pm 71460$	$33,55 \pm 16,42$

Tabla 48. Resultado de residuo de filtración de Hidróxido de Níquel recuperado.

Como puede observarse en la tabla anterior las concentraciones de níquel son <1ppm, lo que se traduce en la recuperación de la mayor cantidad del níquel presente en el residuo como la sal de níquel.

Por otra parte se obtuvo presencia de iones nitrato debido a la degradación del residuo orgánico, ya que este poseía en su estructura cuatro átomos de nitrógeno, que al realizar la degradación estos se oxidarían como nitratos en solución.

Es de esperarse que los iones sulfato presentes en las aguas madres contengan concentraciones elevadas debido a la adición del Ácido Sulfúrico concentrado para lograr la degradación de la materia orgánica. Es por esto, que el siguiente paso fue la precipitación química del sulfato para disminuir la concentración de este en las aguas madres y poderlo recuperar como sulfato de bario sólido.

#### 4. Sulfato de Bario recuperado.

Basándonos en los cálculos pertinentes a través del Kps reportado del Sulfato de Bario y de la agregación cuantitativa de la solución de BaCl<sub>2</sub> 20% se obtuvo lo siguiente:

<b>Muestra BaSO<sub>4</sub></b>	<b>Peso teórico (g) BaSO<sub>4</sub></b>	<b>Peso experimental (g) BaSO<sub>4</sub></b>	<b>Rendimiento (%)</b>
1	3,7746 ± 0,0001	3,6009 ± 0,0001	95,398 ± 0,004
2	3,7676 ± 0,0001	3,7102 ± 0,0001	98,476 ± 0,004
3	3,7676 ± 0,0001	3,3412 ± 0,0001	88,682 ± 0,004
<b>Promedio</b>		94,185 ± 4,089	

Tabla 49. Resultados de la precipitación del Sulfato de Bario.

Como se puede observar en la tabla anterior, el rendimiento obtenido es cercano al 100%, esto se resume a una técnica de precipitación viable para recuperar el sulfato proveniente de la degradación como sulfato de bario que puede reutilizarse como se mencionó anteriormente.

##### 5. Residuo de Filtración del BaSO<sub>4</sub>

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de los iones bario y sulfato que quedan en solución una vez precipitados el sulfato de bario:

<b>Residuo de Filtración de BaSO<sub>4</sub></b>	<b>Ba<sup>2+</sup> en solución (mg/L)</b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en solución (mg/L)</b>
1	3945±28	17718±28
2	8470±28	19932±28
3	7360±28	37044±28
<b>Promedio</b>	6592 ±1925	24898±7478

Tabla 50. Resultados de los iones presentes en el residuo de filtración de Sulfato de Bario.

En la tabla anterior se observa que las concentraciones del ion bario y sulfato una vez aplicado el tratamiento de precipitación se encuentran por encima de lo establecido en el Decreto 883 en su Artículo 15 para el descargue de redes cloacales (Anexo AN-6).

A pesar de que la precipitación del sulfato de bario da como resultado un buen rendimiento, a través de esta técnica no fue posible disminuir las concentraciones a lo establecido por el decreto anteriormente mencionado.

Por consiguiente, en el tratamiento del residuo se recomienda que al finalizar la recuperación del níquel como hidróxido de éste, no se realice la precipitación de los sulfatos empleando bario como agente precipitante, a pesar de este tener un  $k_{ps}$  bastante bajo. Esto debido a que las sales de bario son consideradas ecotóxicas y su restricción según la norma es mayor inclusive que lo demarcado para el sulfato. Es decir, para el sulfato, se permiten 400 ppm para su descarga, mientras que para el bario, el límite máximo permitido es de 5 ppm.  $Ba^{2+}$

Antes de realizar la precipitación de sulfatos, la concentración de estos era alrededor de 37827 ppm, que al relacionarlo con lo permitido por la legislación (400 ppm), nos da un factor de 94,5. En el caso del bario, la concentración promedio remanente en la solución es de 6592 ppm, y la relación en función a lo permitido (5 ppm) es de 1318,4. Esto demuestra que el factor de dilución necesario para lograr hacer algún descarte si se aplica el agente precipitante ( $BaCl_2$ ), es mucho mayor al necesario si no se aplica el mismo.

Todo esto fue necesario realizarlo, para proponer una vía de recuperación de los sulfatos basada en la opción más favorable en cuanto a la selección del agente precipitante, sin embargo, al considerar una química ambiental, otros factores son determinantes, como ecotoxicidad, costo de reactivos y límites máximos permisible para descargas.

A continuación se presenta una tabla con las diferentes sales de sulfatos posibles para su precipitación:

Sales	Kps
BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \times 10^{-11}$
PbSO <sub>4</sub>	$2,53 \times 10^{-8}$
HgSO <sub>4</sub>	$6 \times 10^{-7}$
SrSO <sub>4</sub>	$3,8 \times 10^{-7}$
CaSO <sub>4</sub>	$4,93 \times 10^{-5}$
AgSO <sub>4</sub>	$1,20 \times 10^{-5}$

Tabla 51. Kps de sales de Sulfato.

Como bien puede observarse los Kps más bajos reportados de las sales de sulfato, el más adecuado para la precipitación corresponde la sal de Bario, este fue el factor que se empleó para la escogencia del agente precipitante y aun así se obtuvo lo explicado anteriormente. Con lo cual, escoger otro agente precipitante se obtendría un menor rendimiento y la liberación de cationes igualmente tóxicos como Pb, Hg, Sr.

Sin embargo se realizó una investigación otros métodos de recuperación de los sulfatos presentes en solución una vez precipitado el níquel como hidróxido de níquel, donde existen métodos como la procesos de destilación, sin embargo, ésta técnica requiere mucha energía para su utilización, otro método aplicable conocido es la osmosis inversa (RO) que a través de una membrana semipermeable puede recuperarse estos iones y separarlos de la solución madre, sin embargo, estas técnicas necesitan de mayor costos y equipos que no están a nuestro alcance, es por esto que al momento de realizar la recuperación de los sulfatos, se dispuso de la técnica más sencilla y a nuestro alcance, que era la precipitación química de este.

## **8.5.12 Recomendaciones para posible tratamiento, recolección o disminución de peligrosidad para los demás residuos generados Laboratorio de Analítica I.**

### 8.5.12.1 Práctica 1-2-3 Marcha Analítica de Cationes, Aniones y Muestra Sólida.

Estas son prácticas cualitativas, donde cada estudiante recibe una muestra de 4 aniones y 5 cationes distintos, y 3 sales en el caso de muestra sólida, por lo tanto, es complejo establecer un tratamiento para estos residuos los cuales se encuentran contenidos en soluciones acuosas ácidas o básicas según sea el caso y concentraciones diluidas de 0,01M aproximadamente. Debido a las condiciones en que se encuentran, se dificulta la recuperación de estos iones a través de un método generalizado.

Por lo tanto este tipo de mezclas podrían considerarse como un desecho ya que según el Decreto 2635 menciona en el Artículo 14 que “Todo material peligroso que no pueda ser objeto de recuperación se considera un desecho peligroso y su manejo estará sujeto a las condiciones establecidas para desechos peligrosos” como por ejemplo los procesos de disposición final (incineración, rellenos sanitarios).

Sin embargo para disminuir la vulnerabilidad dentro del laboratorio y almacenamiento temporal se aconseja separar aquellos iones (cationes y aniones) que posean mayor grado de toxicidad de aquellos que no.

Esta separación puede hacerse en base a aquellas sustancias que estén reguladas por el Decreto 883 Artículo 15 para el descargue de redes cloacales, por ejemplo, en el caso de los cationes el Mercurio ( $\text{Hg}_2^{2+}$ ), Plomo ( $\text{Pb}^{2+}$ ), Arsénico ( $\text{As}^{3+}$ ), Cadmio ( $\text{Cd}^{2+}$ ), Cobalto ( $\text{Co}^{2+}$ ), Níquel ( $\text{Ni}^{2+}$ ), Estaño ( $\text{Sn}^{2+}$ ) ( $\text{Sn}^{4+}$ ) y Zinc

( $Zn^{2+}$ ) y en el caso de los aniones Fosfato ( $PO_4^{2-}$ ), Cianuro ( $CN^-$ ), Carbonato ( $CO_3^{2-}$ ), Cloruro ( $Cl^-$ ) y Nitrato ( $NO_3^-$ ).

Se sugiere que al momento de preparar las muestras, estas se dividan en dos clases, aquellas que contengan los iones más tóxicos y las que contengan iones menos tóxicos. Esto con la finalidad de que al generar los residuos se recolecten en envases previamente etiquetados por separados para disminuir la vulnerabilidad en el laboratorio y en el depósito temporal.

En la siguiente tabla se señalan los iones que presentan mayor toxicidad y aquellos que presentan menor grado de toxicidad que sirva de soporte al momento de preparar las muestras:

<b>Cationes con mayor toxicidad</b>	<b>Cationes con menor toxicidad</b>	<b>Aniones con mayor toxicidad</b>	<b>Aniones con menor toxicidad</b>
Mercurio ( $Hg_2^{2+}$ )	Sodio ( $Na^+$ )	Fosfato ( $PO_4^{2-}$ )	Sulfato ( $SO_4^{2-}$ )
Plomo ( $Pb^{2+}$ )	Potasio ( $K^+$ )	Cianuro ( $CN^-$ )	Borato ( $BO_3^{3-}$ )
Arsénico ( $As^{3+}$ )	Amonio ( $NH_4^+$ )	Carbonato ( $CO_3^{2-}$ )	Tartatro ( $C_4H_4O_6^{2-}$ )
Cadmio ( $Cd^{2+}$ )	Bismuto ( $Bi^{3+}$ )	Cloruro ( $Cl^-$ )	Yoduro ( $I^-$ )
Cobalto ( $Co^{2+}$ )	Hierro ( $Fe^{3+}$ ) ( $Fe^{2+}$ )	Nitrato ( $NO_3^-$ )	Nitrato ( $NO_3^-$ )
Níquel ( $Ni^{2+}$ )	Aluminio ( $Al^{3+}$ )	Ferrocianuro	Acetato ( $C_2H_3O_2^-$ )
Estaño ( $Sn^{2+}$ )	Estroncio ( $Sr^{2+}$ )	( $Fe(CN)_6$ ) <sup>4-</sup>	Permanganato
( $Sn^{4+}$ )	Calcio ( $Ca^{2+}$ )	( $Fe(CN)_6$ ) <sup>3-</sup>	( $MnO_4^-$ )
Zinc ( $Zn^{2+}$ )	Manganeso ( $Mn^{2+}$ )	Tiocianato ( $SCN^-$ )	

Cromo ( $\text{Cr}^{3+}$ ) Bario ( $\text{Ba}^{2+}$ )			
--	--	--	--

Tabla 52. Distribución de peligrosidad de cationes y aniones para las prácticas.

Cabe acotar que el grado de toxicidad dependerá de las concentraciones en las que estos se encuentren, donde generalmente son muestras que se encuentran en concentraciones diluidas (0,01M), sin embargo es importante tener en cuenta cuales de los iones pueden generar algún peligro si estos llegan a ser liberados al medio ambiente.

#### 8.5.12.2 Práctica 4. Calibración de Instrumentos.

Esta práctica en específico no genera ningún residuo del cual se pueda recomendar algún tratamiento de recuperación o disminución de peligrosidad.

#### 8.5.12.3 Práctica 5. Titulación Ácido Base.

##### Estandarización del Hidróxido de Sodio:

Este residuo puede contener Hidróxido que no haya reaccionado y Ftalato Ácido de Sodio. En algunos casos podría encontrarse en PH básico a tal punto de ser corrosivo. Como tal no podría recuperarse ningún compuesto existente en el residuo ya que estos se encuentran en bajas concentraciones y no es viable o rentable la recuperación de algunos de estos, pero es importante señalar que esta

solución puede generar cierto peligro si se encuentran en pH muy básico siendo corrosivo, si este es el caso, lo más aconsejable sería que al finalizar cada estudiante la estandarización, diluyan al doble con agua de grifo, midan el PH de la solución y neutralicen utilizando HCl diluido en pequeñas proporciones.

Para aquellas soluciones que quedan en exceso como lo es la de NaOH, se recomienda reutilizarlas en las prácticas del mismo laboratorio, por ejemplo, **Práctica 9 Potenciometría y Conductimetría** o de los diversos laboratorios presentes en docencia, como lo son, Laboratorio de Orgánica I y II para evitar desechar reactivos y gastar productos en la preparación de soluciones innecesariamente. Así se optimiza la reutilización de los reactivos del Laboratorio. Este mismo procedimiento señalado se aplicaría para la estandarización que se realiza en la Práctica 9.

#### Titulación del Vinagre.

Consiste en titular el vinagre con una base como el NaOH para así determinar la cantidad de ácido acético presente en este producto. Este residuo generado se encuentra en solución básica ya que se va agregando cantidades de hidróxido hasta llegar al punto de equivalencia, mencionando que esta solución puede contener propiedades corrosivas según las Naciones Unidas 8 (Sustancias Corrosivas).

Los residuos generados es el acetato de sodio que se encuentra en solución, ácido acético y parte del hidróxido que no hayan reaccionado. Estos residuos se encuentran en concentraciones diluidas por lo cual lo más aconsejable sería realizarle el tratamiento de neutralización, en principio diluir la cantidad generada al

doble con agua de grifo, y llevarlo a un pH aproximadamente entre 6-9 agregándole HCl diluido.

#### 8.5.12.4 Práctica 6 Gravimetría.

##### Filtrado de la obtención del Dimetilglioimato de Níquel:

Este residuo presenta un grado de peligrosidad según la ONU: 8 (Corrosivo), el cual proviene de la obtención de complejo de níquel. El mismo se encuentra en medio básico, y puede contener mezcla de cationes y aniones en solución, y remanentes del níquel como reactivo y la solución de Dimetilglioxima en trazas.

Como este tipo de prácticas son cuantitativas y se agrega una cantidad estequiométrica de los reactivos para generar el producto, lo que pueda quedar en solución del ion níquel es muy poco, sin embargo, si se realizan estudios y hay presencia de una cantidad considerable, se aconsejaría precipitar el níquel como una sal de este. Un ejemplo para esta reacción se lleva con hidróxido de sodio para así precipitar el hidróxido de níquel. De esta forma se estaría generando un sólido, que es mucho más fácil de manejar en comparación con los líquidos del filtrado original.

Si efectivamente los iones presentes en la solución se encuentran en trazas, no es viable su recuperación o precipitación, lo más recomendable para disminuir la peligrosidad de este residuo que se encuentra en una solución básica, es decir corrosiva, es el tratamiento de neutralización en este caso con HCl hasta un PH 6-9

y finalmente la dilución al doble del volumen, asegurando que los parámetros estén por debajo de lo establecido en el Decreto 883, Artículo 15.

#### Filtrado para la determinación de iones sulfato.

Es el filtrado obtenido de la separación del precipitado del sulfato de bario. Lo cual puede contener ciertos cationes y aniones en solución en bajas concentraciones. Para este residuo no es viable realizar un tratamiento de recuperación de algunos los cationes o aniones presentes en solución, por lo tanto se aconseja su dilución con agua de grifo para disminuir aún más las concentraciones de estos iones presentes en solución.

#### Precipitado Sulfato de Bario ( $BaSO_4$ )

Este residuo es el precipitado del sulfato de bario, donde se recomienda llevarlo a sequedad, almacenarlo en un envase acorde a las características que presenta, para reutilizarlo como reactivo. En este caso no se utiliza en los Laboratorios de Docencia, sin embargo, contiene muchos usos al nivel industrial los cuales se muestran a continuación <sup>(71)</sup>:

- ✓ **Pintura:** Como pigmento blanco, relleno y espesante resistente a altas temperaturas.
  
- ✓ **Petróleo:** En las perforaciones de pozos petroleros, actuando como refrigerante, lubricante y sellante para evitar fugas de gas y petróleo. Como carga en los lodos para facilitar la perforación y evacuación interna en los pozos.

- ✓ **Aplicaciones automotrices:** Es útil para sellar el interior de un vehículo (bajo alfombra) evitando ruidos del motor.
- ✓ **Industria Plástica:** Se utiliza como relleno del plástico para fabricar productos con color brillante. También puede mejorar la intensidad y la resistencia abrasiva.
- ✓ **Construcción:** Para elaboración de concretos pesados.
- ✓ **Vidrio:** Como fundente para dar brillo y calidad.

Consultando en el Aldrich se muestra en la siguiente tabla:

Compuesto	Formula Química	Peso (gr)	Costo (\$)
Sulfato de Bario 99%	BaSO <sub>4</sub>	20	93,10
		100	367

Tabla 53.Costos del Sulfato de bario.

Para el laboratorio de Analítica I se estima una generación de 19 gramos de sulfato de bario semestrales, con lo cual se pudiese generar una ganancia aproximada de 93\$, si se obtiene con grado de pureza al 99%.

#### 8.5.12.5 Práctica 7 Titulaciones Complejométricas (Soluciones de EDTA).

Estos residuos se generan para el cálculo de la dureza total, la dureza cálcica y estandarización del EDTA, el cual analizando los complejos de metal-EDTA y el EDTA como tal, suelen ser peligrosos para el medio marino, por lo tanto, no es aconsejable descargar estos residuos por el desagüe.

Ya que el EDTA es un agente de difícil degradación biológica; se ha reportado que su remoción es insignificante en las plantas de tratamiento convencional a menos que se incremente el pH del agua lo que provoca que una cantidad sustancial de EDTA se descargue en ríos y lagos. Adicionalmente, el EDTA tiene el potencial de movilizar iones metálicos de sedimentos y suelos debido a su capacidad de formar complejos muy estables, contaminando consecuentemente el agua superficial y subterránea.

Las especies químicas (iónicas o complejas) influyen en el comportamiento del EDTA y en general de los agentes complejantes presente en sistemas acuosos, lo que determina su destino final en el ambiente.

Debido a esto se realizó una investigación de los posibles tratamientos existentes en la bibliografía para tomarlos en cuenta y que sirvan de soporte para otro proyecto de investigación como tal que se encargue de trabajar solo con los residuos generados de complejos de metal-EDTA y EDTA, ya que estos tratamientos implican un tiempo considerable, equipos específicos y reactivos que implican cierto costo y que no están en nuestro alcance.

Algunos de los tratamientos que se han realizado a sustancias que contengan EDTA o complejos de EDTA, son los siguientes <sup>(72)</sup>

- ✓ La ozonización (Gilbert y Hoffmann 1990)
- ✓ UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(Sorensen y Frimmel 1995)
- ✓ Fotocatálisis (Babay *et al.* 2001).
- ✓ Ultrasonido (Frim *et al.* 2003, Chitra *et al.* 2004, Weavers *et al.* 2005).
- ✓ Fenton (Pirkanniemi *et al.* 2007)

Otro tratamiento encontrado para degradar el EDTA es la fotocatalisis heterogénea bajo irradiación UV por la Comisión Nacional de Energía Atómica, Unidad de Actividad Química, Buenos Aires, Argentina, la cual es una técnica de oxidación avanzada que permite la descomposición de compuestos orgánicos hasta su mineralización total.

El método consiste en la irradiación con luz ultravioleta de un sistema acuoso de un semiconductor generalmente dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) conteniendo el sustrato. Si la irradiación se realiza con luz de energía mayor que el "bandgap" (brecha interbanda) del semiconductor, la energía producida es suficiente para promover un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción.

Los pares electrón-hueco (e<sup>-</sup>/h<sup>+</sup>) generados migran hacia la interfaz óxido/solución donde llevan a cabo reacciones de óxido-reducción con especies donoras (D) o aceptoras (A) adsorbidas o cercanas a la superficie de la partícula, siempre y cuando sus potenciales redox sean termodinámicamente adecuados. De

esta manera, se puede provocar la transformación y/o degradación de especies orgánicas e inorgánicas.

Donde utilizaron para la degradación del EDTA y sus complejos un reactor fotoquímico heterogéneo con recirculación continua, modificando distintas variables operacionales como (longitud de onda irradiación, caudal de O<sub>2</sub>, control de PH, volumen del fotorreactor) para aumentar la eficiencia de destrucción. Donde obtuvieron como resultado que el EDTA y sus complejos metálicos pueden degradarse con esta técnica de fotocatalisis heterogénea con TiO<sub>2</sub> bajo irradiación a 366nm utilizando un sistema de recirculación continua.

Además es importante acotar o recomendar la reutilización de las soluciones preparadas en el laboratorio de EDTA las cuales no se utilizan completamente pudiendo valorarlas de nuevo en el momento de utilizarlo para su reuso en el mismo laboratorio que sirva en los siguientes semestres o para otros laboratorios existentes en Docencia, lo cual garantizaría un aprovechamiento de este y evitaría la acumulación de soluciones en el laboratorio que pudiera generar algún peligro en caso de emergencia como también se evitaría gasto en reactivos innecesariamente.<sup>(73)</sup>

#### 8.5.12.6 Práctica 8. Titulaciones Óxido-Reducción.

Se utiliza el Dicromato de potasio como agente oxidante para reducir y determinar la cantidad de Hierro que contiene una muestra, el cual se agrega una pequeña porción de amalgama Zinc/HgCl<sub>2</sub> para evitar el equilibrio presente de Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> donde esta reacción se genera en medio fuertemente ácido. Como se observa este residuo también contiene ciertos cationes en solución ácida en bajas concentraciones, lo cual imposibilita el tratamiento a través de la precipitación de estos cationes.

Para el tratamiento del residuo, se recomienda el proceso de neutralización, en este caso con NaOH diluido hasta un pH 6-9 y finalmente la dilución al doble del volumen, asegurando que los parámetros estén por debajo de lo establecido en el Decreto 883, Artículo 15.

Además se recomienda la reutilización de las soluciones preparadas de  $K_2Cr_2O_7$  que quedan en exceso en este laboratorio, con previa valorización con Tiosulfato de Sodio. Esto garantizaría un aprovechamiento del reactivo y evitaría la acumulación de soluciones en el laboratorio minimizando el riesgo de accidente y disminuyendo el presupuesto de adquisición de reactivos.

#### 8.5.12.7 Práctica 9. Potenciometría y Conductimetría.

La cual consiste en la titulación entre el  $H_3PO_4$  y el NaOH donde se agrega de ml a ml de la base dispuesta en una bureta hasta llegar a un pH de 12 a través de un PH-metro. La cual genera como residuo iones fosfato, sodio e hidróxido de sodio que queda en exceso, siendo esta solución extremadamente corrosiva.

En principio se podría realizar la precipitación química del fosfato, utilizando compuestos de calcio como CaO o  $Ca(NO_3)_2$  generando el fosfato de calcio, el cual no se considera un compuesto peligroso <sup>(74)</sup>. La precipitación química del fosfato dependerá si las cantidades de fosfato son suficientes para realizarla, si son concentraciones bajas no es viable utilizar este reactivo y simplemente se realizaría una neutralización con HCl.

A continuación se muestra la tabla de los costos de los reactivos para la precipitación química del fosfato en caso de que sea viable este tratamiento el cual dependerá de la concentración de esta solución:

<b>Reactivo</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>Cantidad (g)</b>
Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	48.20	10
Óxido de Calcio $\text{CaO}$	63,60	5

Tabla 54. Costos de reactivos para Precipitación química del fosfato.

En función a los costos se recomienda emplear el nitrato de calcio como reactivo para la precipitación del fosfato.

En la siguiente tabla se muestra los costos del fosfato de calcio a distintas concentraciones y cantidades:

<b>Reactivo</b>	<b>Concentración (%)</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Costo (\$)</b>
Fosfato de Calcio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	99	5	69
		15	148
	34	100	60,40
		500	194

Tabla 55. Costos del fosfato de calcio.

A pesar de que se requiere de un mayor costo la utilización del reactivo para generar el producto (fosfato de calcio), la precipitación garantizaría la minimización de la vulnerabilidad del impacto ambiental si este ion fuese liberado al ambiente.

### 8.5.13 Discusión general.

Este análisis nos permite verificar que el laboratorio de Analítica I genera residuos que presentan peligrosidad corrosiva, tóxica y ecotóxicos. Por lo tanto muchos de estos se le pueden realizar tratamientos viables, es decir, de bajo costo, fáciles y rápidos como el precipitar, neutralizar y diluir para disminuir la peligrosidad y vulnerabilidad de los residuos.

Además se recomienda reutilizar ciertas soluciones preparadas por los mismos estudiantes para los siguientes semestres o prácticas y además en otros laboratorios lo cual atribuiría menor presupuesto como también se evitaría la acumulación innecesaria de estos en el laboratorio pudiendo ocasionar algún peligro en caso de emergencia.

Como algunos de los tratamientos de los residuos es el proceso de neutralización, a continuación se muestran los costos asociados para ácidos y bases:

Reactivo	Concentración	Cantidad	Costo
HCl	57%	500mL	42\$
		4L	103\$
		100mL	64,70\$

<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	99,99%	500mL	239\$
	95-98%	500mL	50,70\$
<b>NaOH</b>	99,99%	5g	48,2\$
		250g	160,5\$
<b>KOH</b>	85%	100g	66,6\$
		500g	222\$
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	99,9%	5g	125,5\$
		25g	214\$
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	95%	100g	24,70\$
		500g	34,50

Tabla 56. Costos de reactivos que sirven de soporte para el tratamiento de neutralización.

### 8.6. Realización de una distribución óptima de almacenamiento de los desechos y residuos producidos en los Laboratorios de Docencia de la Facultad de Ciencias.

En el edificio de los Laboratorios de Docencia no existe un sitio específico con las características establecidas por la ley, debido al poco espacio que presenta el mismo y a el deterioro de su infraestructura, sin embargo, para evitar que el almacenamiento temporal de los residuos y desechos peligrosos que se producen en el Laboratorio de Química Analítica I y de los laboratorios restantes se realicen

dentro de los mismos , se podría utilizar el **Depósito L-101** el cual se encuentra ubicado en el segundo piso del edificio entre los laboratorios de Química Inorgánica II y Fisicoquímica Fusionado.

El **Depósito L-101** presenta las siguientes características:

- ✓ El área de este ambiente es de 133m<sup>2</sup> de superficie.
- ✓ El piso esta hecho de cerámicas.
- ✓ El techo esta hecho de concreto.
- ✓ La iluminación natural es posible gracias a la presencia de 11 ventanas.
- ✓ La ventilación resulta de la apertura de una de las ventanas que se encuentran en el fondo del depósito.
- ✓ Existe un extractor de aire que funciona correctamente, no hay aire acondicionado.
- ✓ Existen 3 estantes de cementos fijados al piso, cada estante consta de 5 secciones, menos el estante que se encuentra en el medio donde posee 4 secciones.
- ✓ El estante que está dispuesto en el medio del depósito posee escape para almacenamiento de ambos lados.

- ✓ No posee detectores de calor y humo, luces de emergencia, y campanas de extracción.
  
- ✓ No tiene vías de escape, hay una sola puerta.
  
- ✓ No hay presencia de señalizaciones.

En función al espacio disponible es necesario considerar ciertos factores que permitan el correcto almacenamiento. Las cuales se tienen las siguientes consideraciones:

- ✓ Retirar todos los reactivos presentes en el lugar.
  
- ✓ Cambiar las puertas y ventanas, ya que las mismas facilitan la entrada de insectos y roedores.
  
- ✓ Colocar en uno de los estantes que se encuentran cercanos a la puerta, equipos de protección personal e instalar un kit de emergencia.
  
- ✓ Disponer de dos extintores tipo ABC, uno en la entrada del depósito con su respectiva señalización y otro situado en el estante que se encuentra en el medio del depósito.
  
- ✓ Colocar en la puerta un símbolo que identifique, que es un lugar de almacenamiento temporal de residuos y desechos.

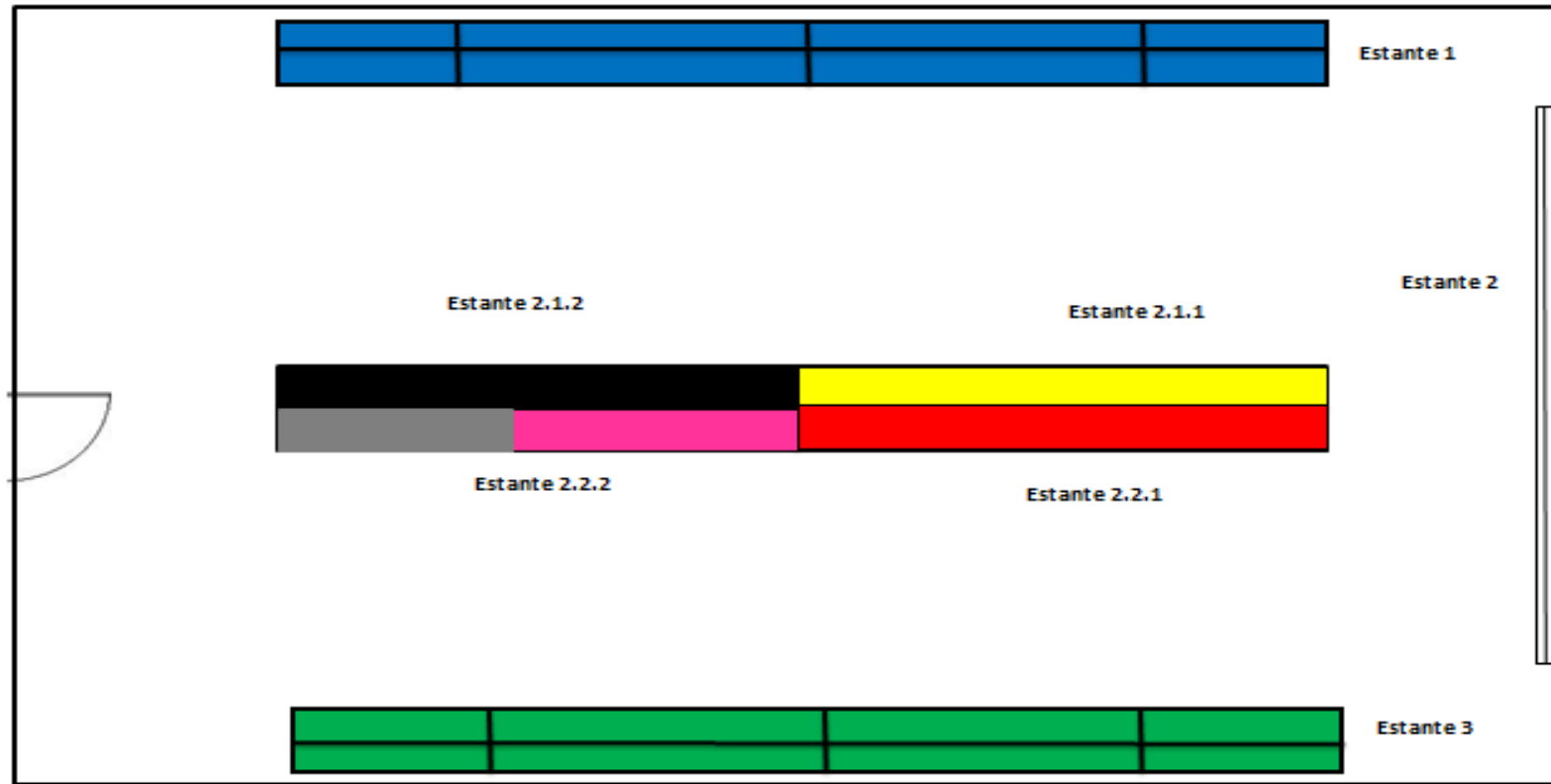
Basándonos en la características que presenta el Deposito L-101 el cual se utilizará para almacenar los residuos generados en el Laboratorio de Docencia, y los datos que se obtuvieron de los Laboratorio de Analítica I ,Laboratorio de Principios de Química<sup>(75)</sup>, Inorgánica II<sup>(2)</sup> y Fisicoquímica<sup>(76)</sup> , siendo estos tres últimos analizados por su peligrosidad en otros proyectos de investigación, se establece una distribución de almacenamiento tomando como soporte las características de incompatibilidades entre estas especies químicas una vez que hayan sido previamente etiquetadas y envasadas de forma correcta.

Para el estudio de incompatibilidades de química de las especies se tomó como herramienta las tablas de la Organización Marítima Internacional (OMI) <sup>(77)</sup>, la cual puede observarse en los anexos AN-7.

El diagnóstico realizado a cada uno de los residuos generados en cada experiencia del Laboratorio de Analítica I, nos permitió conocer las propiedades de clasificación de peligrosidad de cada uno de ellos para que sirviera como complemento en el momento de disponerlos en el almacén de forma temporal cumpliendo con las normativas vigentes.

Este análisis arrojó que la mayoría los residuos que se generan en este laboratorio en específico, presentan propiedades corrosivas, es decir, ácidos como básicos, tóxicos (DMGNI, BaSO<sub>4</sub>, etc.) Y ecotóxicos (EDTA).

Realizado el análisis del depósito que se utilizará para el almacén temporal de los residuos del Laboratorio de Docencia, se muestra en el siguiente plano la distribución espacial de los residuos según su grado de peligrosidad y sus incompatibilidades químicas.



**LEYENDA DEL PLANO DEL DEPOSITO TEMPORAL DE RESIDUOS LABORATORIO DE DOCENCIA**

<span style="color: blue;">●</span> Corrosivos Básicos	<span style="color: yellow;">●</span> Oxidantes y Comburentes
<span style="color: black;">●</span> Tóxicos y Nocivos	<span style="color: red;">●</span> Inflamables
<span style="color: pink;">●</span> Peligrosos para el medio ambiente y marino	<span style="color: green;">●</span> Corrosivos Ácidos
<span style="color: gray;">●</span> Los que no están especificados por la ONU ni Decreto 2635	

Figura 15. Plano y Leyenda del Depósito temporal de almacenamiento de residuos del Laboratorio de Docencia, UCV.

Estipulado ya la distribución del almacén temporal de los residuos según sus incompatibilidades químicas, se muestran en las siguientes tablas dicha distribución según las características de peligrosidad de los residuos generados en los Laboratorio de Analítica I, Inorgánica II, Principios de Química y Fisicoquímica.

### 8.6.1 Distribución de almacén temporal del Laboratorio de Analítica I.

Práctica	Residuo	Peligrosidad según la ONU <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>	Estante	Color
1	Mezcla residuos de cationes	Tóxicos para humanos y medio ambiente	2.2.2	ROSADO
2	Mezcla de Residuos de aniones	Tóxicos para humanos y medio ambiente	2.2.2	ROSADO
3	Mezcla de Muestra solida	Tóxicos para humanos y medio ambiente	2.2.2	ROSADO
5	Estandarización del NaOH: KNaC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub> OH <sup>-</sup>	8 H8 CORROSIVOS BASES	1	AZUL
5	Titulación del vinagre: CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> Na <sup>+</sup> OH <sup>-</sup>	8 H8 CORROSIVOS	1	AZUL

	CH <sub>3</sub> COOH	BASES		
6	Precipitación del dimetilglioximato de níquel (filtrado): Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ni <sup>2+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> OH <sup>-</sup> (CH <sub>3</sub> CNOH) <sub>2</sub>	8 H8  CORROSIVOS BASES	1	<b>AZUL</b>
6	Residuo de Filtración Na <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Ba <sup>2+</sup> Ag <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> (Solución)	N/A	2.2.2.	<b>GRIS</b>
6	Dimetilglioximato de Níquel (Precipitado)	N/A Riesgo según la NFPA para la salud 2	2.2.2	<b>ROSADO</b>
6	Sulfato de Bario (Precipitado)	6 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
7	Estandarización del EDTA: EDTA. EDTA- (Ca <sup>2+</sup> ) NET-(Ca <sup>2+</sup> ) Ca <sup>2+</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>  (Solución básica por buffer)	8 H8  CORROSIVOS BASES	1	<b>AZUL</b>

7	Obtención de dureza cálcica: EDTA EDTA- (Ca <sup>2+</sup> ) Rojo de metilo-(Ca <sup>2+</sup> ) Mg <sup>2+</sup> OH <sup>-</sup>	8 H8  CORROSIVOS BASES	1	AZUL
7	Obtención dureza total EDTA EDTA- (Ca <sup>2+</sup> ) EDTA - (Mg <sup>2+</sup> ) NET(Ca <sup>2+</sup> )	8 H8  CORROSIVOS BASES	1	AZUL
8	Titulación Óxido Reducción: Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> K <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> Zn <sup>2+</sup> Hg <sup>2+</sup>	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	VERDE
9	Estandarización del NaOH: KNaC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub> OH <sup>-</sup>	8 H8 CORROSIVOS BASES	1	AZUL
9	Titulación Potenciométrica: PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Na <sup>+</sup> OH <sup>-</sup>	8 H8 CORROSIVOS BASES	1	AZUL

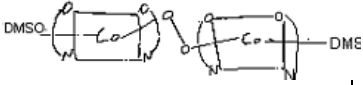
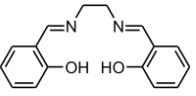
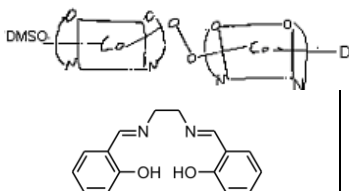
Tabla 57. Distribución de almacenamiento temporal de los residuos generados en el Laboratorio de Analítica I.

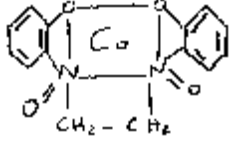
### 8.6.2 Distribución de almacén temporal Laboratorio de Inorgánica II <sup>(2)</sup>:

Práctica	Residuo	Peligrosidad según la ONU <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>	Estante	Color
1	Isómero cis, trans y mezcla racémica (Fase acuosa)  [Co(en) <sub>3</sub> ] Cl <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O HCl C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	8 H8 CORROSIVO BASICOS	1	<b>AZUL</b>
1	Isómero Trans (sólido)  Co(en) <sub>2</sub> (Cl) <sub>2</sub> ] Cl	9 H11	2.2.2.	<b>ROSADO</b>
1	Isómero Cis (Sólido)  [Co(en) <sub>2</sub> (Cl) <sub>2</sub> ] Cl	9 H11	2.2.2	<b>ROSADO</b>
1	Mezcla racémica (sólido)  [Co(en) <sub>3</sub> ] Cl <sub>3</sub>	9 H11	2.2.2	<b>ROSADO</b>

1	<p>Isómeros dextro y levo (Fase acuosa)</p> <p>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub> K Na [d-tartrato] NaOH NaI NH<sub>4</sub>OH [d-Co(en)<sub>3</sub>][d - tartrato]Cl.H<sub>2</sub>O [l-Co(en)<sub>3</sub>] [d-tartrato]Cl [Co(en)<sub>3</sub>] Cl<sub>3</sub></p>	3 H3	2.2.1	ROJO
1	<p>Levo yoduro (sólido)</p> <p>l-[Co(en)<sub>3</sub>] I<sub>3</sub></p>	9 H11	2.2.2	ROSADO
1	<p>Dextro yoduro (sólido)</p> <p>d-[Co(en)<sub>3</sub>] I<sub>3</sub></p>	9 H11	2.2.2	ROSADO
2	<p>Método de Job (Fase acuosa)</p> <p>[Ni (en) (OH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> [Ni (en)<sub>2</sub>(OH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> [Ni (en)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup></p>	8 H8 CORROSIVOS	1	AZUL

	$[\text{Ni}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$ $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	BASICOS		
3	Separación de iones complejos (Fase acuosa)  $[\text{Cr}(\text{OH}_2)_4(\text{Cl})_2]^+$ $[\text{Cr}(\text{OH}_2)_5(\text{Cl})]^{2+}$ $[\text{Cr}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$ $\text{HClO}_4$ $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	3 H3	2.2.1	<b>ROJO</b>
4	Polimerización del estireno (Fase acuosa)  $\text{Na}^+ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-$ Poliestireno THF, Na, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ Naftaleno	3 H3	2.2.1	<b>ROJO</b>
4	Polimerización del estireno (Fase orgánica)  THF Na $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ Poliestireno	3 H3	2.2.1	<b>ROJO</b>

	Naftaleno			
4	Polímero (sólido)	N/A	2.2.2	GRIS
	Poliestireno			
6	Ligación del oxígeno (fase orgánica)	3 H3	2.2.1	ROJO
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O-S 			
6	Ligando Salen (sólido)	9 H11	2.2.2	ROSADO
				
6	Preparación del ligando Salen y la forma inactiva del Cosalen. (fase acuosa)	8 H8 CORROSIVOS BASES	1	AZUL
				

	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{C}_2\text{H}_6\text{O-S}$ $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ $\text{C}_4\text{H}_6\text{CoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$			
6	Forma inactiva del Cosalen (sólido) 	9 H11	2.2.2	ROSADO
7	Preparación del $\text{Cr}(\text{ACAC})_3$ (fase acuosa)  $\text{NH}_4^+ \text{Cl}^-$ $\text{Cr}(\text{acac})_3$ $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$	3 H3	2.2.1	ROJO
7	Preparación del $\text{Cr}(\text{ACAC})_3$ (sólido)  $\text{Cr}(\text{acac})_3$	9 H11	2.2.2	ROSADO
7	Preparación de la muestra (fase acuosa)  $\text{K}^+ \text{CrO}_4^{2-}$	6 H6.1	2.1.2	NEGRO

	NaOH $K_2Cr_2O_7$ $H_2SO_4$ $Cr(acac)_3$			
7	Purificación del $Cr(ACAC)_3$  $Cr(acac)_3$ Benceno	3 H3	2.2.1	<b>ROJO</b>
7	Prueba de solubilidad acetona  $CH_3CHOCH_3$ $Cr(acac)_3$	3 H3	2.2.1	<b>ROJO</b>
7	Prueba de solubilidad etanol  $CH_3CH_2OH$ $Cr(acac)_3$	3 H3	2.2.1	<b>ROJO</b>
7	Prueba de solubilidad dietileter  $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ $Cr(acac)_3$	3 H3	2.2.1	<b>ROJO</b>

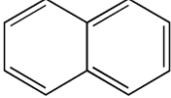
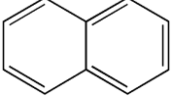
7	Prueba de solubilidad éter de petróleo	3 H3	2.2.1	<b>ROJO</b>
	Éter de petróleo Cr(acac) <sub>3</sub>			

Tabla 58. Distribución de almacenamiento temporal de los residuos generados en el Laboratorio de Inorgánica II

### 8.6.3 Distribución de almacén temporal Laboratorio de Principios de Química <sup>(75)</sup>:

Práctica	Residuo	Peligrosidad según la ONU (40) Decreto 2635 <sup>(26)</sup>	Estante	Color
1	NaCl (sólido)	N/A	2.2.2	<b>GRIS</b>
1	BaCl <sub>2</sub> (sólido)	6 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
1	SrCl <sub>2</sub> (sólido)	6 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
1	CuCl <sub>2</sub> (sólido)	6 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
1	CaCl <sub>2</sub> (sólido)	6 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
1	B(OCH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (sólido)	N/A	2.2.2	<b>GRIS</b>
3	KMNO <sub>4</sub> (solución)	5	2.1.1	<b>AMARILLO</b>

		H5.1		
3	Mn <sup>2+</sup> CO <sub>2</sub> (g) H <sub>2</sub> O K <sup>+</sup> MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	5 H5.1	2.1.1	AMARILLO
3	K <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> SCN <sup>-</sup> H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> K <sub>3</sub> [Fe(SCN) <sub>6</sub> ] NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Solución)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	VERDE
3	BaSO <sub>4(s)</sub> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> (solución)	8 H8 CORROSIVOS BASES	1	AZUL
3	AgCl <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (solución)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	VERDE
3	Fe(OH) <sub>3(s)</sub> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (solución)	8 H8 CORROSIVOS BASES	1	AZUL
3	Fe <sup>3+</sup> OH <sup>-</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> (solución)	8 H8 CORROSIVOS BASES	1	AZUL
3	Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (solución)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	VERDE

3	$K^+ Cl^-$ (solución)	N/A	2.2.2	GRIS
5	$Na^+ Cl^-$ (solución)	N/A	2.2.2	GRIS
5	$K^+ NO_3^-$ (solución)	5 H5.1	2.1.1	AMARILLO
5	 (sólido)	4.1 H4.1	2.2.1	ROJO
5	$CH_3CH_2O^- Na^+ Cl^-$ (Solución)	3 H3	2.2.1	ROJO
5	$CH_3CH_2O^- K^+ NO_3^-$ (Solución)	3 H3	2.2.1	ROJO
5	 $CH_3CH_2OH$ (solución)	3 H3	2.2.1	ROJO
5	$PbI_{2(s)} K^+ NO_3^- H_2O$ (solución)	6 H6.1	2.1.2	NEGRO
5	$Cu^+ SO_4^{2-} CH_3CH_2OH$ (solución)	3 H3	2.2.1	ROJO
5	$Na^+ S_2O_3^{2-}$ (solución)	6 H6.1	2.1.2	NEGRO
7	$H_3O^+ Cl^-$ indicadores varios (solución)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	VERDE
7	$CH_3COOH Na^+ Cl^-$	8 H8	3	VERDE

	$\text{CH}_3\text{COO}^- \text{H}_2\text{O}$ (Solución)	CORROSIVOS ÁCIDOS		
7	$\text{Na}^+ \text{OH}^-$ indicadores varios (solución)	8 H8 CORROSIVOS BASICOS	1	<b>AZUL</b>
7	$\text{CH}_3\text{COO}^- \text{H}_3\text{O}^+$ Indicadores varios (solución)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	<b>VERDE</b>
7	$\text{CH}_3\text{COO}^- \text{Na}^+$ indicadores varios (solución)	8 H8 CORROSIVOS BASICOS	1	<b>AZUL</b>
7	$\text{NH}_4^+ \text{OH}^-$ indicadores varios (solución)	8 H8 CORROSIVOS BASICOS	1	<b>AZUL</b>
7	$\text{NH}_4^+ \text{Cl}^-$ indicadores varios (solución)	8 H8 CORROSIVOS BASICOS	1	<b>AZUL</b>
7	$\text{Na}^+ \text{Cl}^-$ Indicadores Varios (solución)	N/A	2.2.2	<b>GRIS</b>
7	$\text{K}^+ \text{CO}_3^{2-}$ indicadores varios (solución)	6 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>

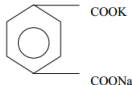
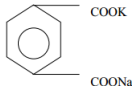
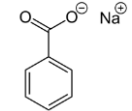
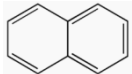
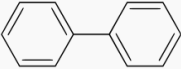
8	Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> H <sub>2</sub> O Fenolftaleína (solución)	N/A	2.2.2	GRIS
8	Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> H <sub>2</sub> O Indicador mixto (solución)	N/A	2.2.2	GRIS
8	Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> H <sub>2</sub> O , Indicador mixto (solución)	N/A	2.2.2	GRIS
9	K <sup>+</sup> MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Solución MnO <sub>2</sub> (sólido)	5 H5.1	2.1.1	AMARILLO
9	Mn <sup>2+</sup> H <sub>2</sub> O CO <sub>2(g)</sub> MnO <sub>2(s)</sub>	5 H5.1	2.1.1	AMARILLO
9	Fe <sup>3+</sup> Mn <sup>2+</sup> H <sub>2</sub> O (solución acida)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	VERDE
10	Cu <sup>2+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Cu(s) (solución)	H12	2.2.2	ROSADO
10	Ag <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Cu <sup>+</sup> (solución)	H12	2.2.2	ROSADO
10	Hg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Cu <sup>+</sup> (solución)	H12	2.1.2	NEGRO
10	Zn <sup>2+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (solución) Cu <sub>(s)</sub>	H12	2.2.2	ROSADO
10	Fe <sup>3+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (solución) Cu <sub>(s)</sub>	H12	2.2.2	ROSADO
10	Pb <sup>2+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Solución) Cu <sub>(s)</sub>	6.1 H6.1	2.1.2	NEGRO
10	Cu <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Zn <sup>2+</sup> (solución)	H12	2.2.2	ROSADO
10	Ag <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Zn <sup>2+</sup> (solución)	H12	2.2.2	ROSADO

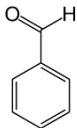
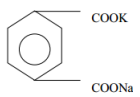
10	Hg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Zn <sup>2+</sup> (Solución)	6.1 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
10	Zn <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Zn <sup>2+</sup> (solución)	H12	2.2.2	<b>ROSADO</b>
10	Fe <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Zn <sup>2+</sup> (solución)	H12	2.2.2	<b>ROSADO</b>
10	Pb <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Zn <sup>2+</sup> (solución)	6.1 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
10	Cu <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Pb <sup>2+</sup> (solución)	6.1 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
10	Ag <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Pb <sup>2+</sup> (solución)	6.1 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
10	Zn <sup>2+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (solución) Pb <sup>2+</sup> (s)	6.1 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
10	Fe <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Pb <sup>2+</sup> (solución)	6.1 H6.1	2.1.2	<b>NEGRO</b>
10	Cu <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Fe <sup>2+</sup> (solución)	H12	2.2.2	<b>ROSADO</b>
10	Ag <sub>(s)</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Fe <sup>2+</sup> (solución)	H12	2.2.2	<b>ROSADO</b>
10	Zn <sup>2+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (solución) Fe <sub>(s)</sub>	H12	2.2.2	<b>ROSADO</b>
10	Fe <sup>3+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (solución) Fe <sub>(s)</sub>	H12	2.2.2	<b>ROSADO</b>
10	Zn <sup>2+</sup> Cl <sup>-</sup> (solución acida)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	<b>VERDE</b>
10	Al <sup>3+</sup> Cl <sup>-</sup> (solución acida)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	<b>VERDE</b>

10	$\text{Sn}^{2+} \text{Cl}^-$ (solución ácida)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	VERDE
10	$\text{Cu}^{2+} \text{Cl}^-$ (solución ácida)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	VERDE
10	$\text{Fe}^{2+} \text{Cl}^-$ (solución ácida)	8 H8 CORROSIVOS ÁCIDOS	3	VERDE
10	$\text{Pb}^{2+} \text{Cl}^-$ (solución ácida)	6.1 H6.1	2.1.1	NEGRO
10	$\text{Mg}(\text{OH})_{2(s)}$	8 H8 CORROSIVOS BASICOS	1	AZUL
11	$\text{ZnI}_{2(s)}$ almidón	8 H8 CORROSIVOS BASICOS	1	AZUL
11	$\text{Zn}(s) \text{I}_2(s)$	9 H12	2.2.2	ROSADO

Tabla 59. Distribución de almacenamiento temporal de los residuos generados en el Laboratorio de Principios de Química.

### 8.6.4 Distribución de almacén temporal Laboratorio de Fisicoquímica <sup>(76)</sup>:

Práctica	Residuo	Peligrosidad según la ONU <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>	Estante	Color
2	Mezcla	6.1 H11	2.1.2	<b>NEGRO</b>
2	Acetato de Sodio (CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> Na <sup>+</sup> )	N/A	2.2.2	GRIS
2	Ftalato de sodio y potasio 	N/A	2.2.2	GRIS
3	Ftalato de sodio y potasio 	N/A	2.2.2	GRIS
3	Benzoato de sodio 	N/A	2.2.2	GRIS
4	Naftaleno 	4.1 H4.1	2.2.1	<b>ROJO</b>
4	Bifenilo 	9 H11	2.1.2	<b>NEGRO</b>
5	Benzaldehido	9	2.1.2	<b>NEGRO</b>

		H11		
5	Sulfato de Manganeso Hidratado $MnSO_4 \cdot H_2O$	N/A	2.2.2	GRIS
5	Sulfato de Potasio $K_2SO_4$	8 H8 CORROSIVOS BASES	1	VERDE
6	Ftalato de sodio y potasio 	N/A	2.2.2	GRIS
6	Acetato de Sodio ( $CH_3COO^-Na^+$ )	N/A	2.2.2	GRIS
7	Sulfato de Manganeso Hidratado $MnSO_4 \cdot H_2O$	N/A	2.2.2	GRIS
7	Sulfato de Potasio $K_2SO_4$	8 H8 CORROSIVOS BASES	1	VERDE
8	Tetrionato de Sodio $Na_2S_4O_6$	N/A	2.2.2	GRIS
8	Yoduro de Sodio NaI	H12	2.1.2	NEGRO

9	Sulfato de Cobre CuSO <sub>4</sub>	N/A	2.2.2	GRIS
---	---------------------------------------	-----	-------	------

Tabla 60. Distribución de almacenamiento temporal de los residuos generados en el Laboratorio de Físicoquímica.

Muchos de los residuos generados en los laboratorios señalados anteriormente, involucraban diversos grados de peligrosidad, por ende, para realizar la ubicación de ellos dentro del almacén cumpliendo con las incompatibilidades químicas, se tomó el grado de peligrosidad más relevante dentro de ellos.

Donde aquellos residuos que presenten estado físico líquidos, se colocarán en la parte baja de los estantes y los residuos clasificados que presenten estado físico sólidos, se situarán en la parte de arriba de los estantes, para así disminuir la vulnerabilidad en el almacén.

La distribución espacial según las incompatibilidades químicas de los residuos que se generan en los demás Laboratorios presentes en docencia puede seguir este modelo o patrón de almacenamiento. Es decir, aquellos residuos que tengan propiedades básicas se dispondrán en el **Estante 1** separados de aquellos que presenten propiedades ácidas las cuales estarán ubicadas en el **Estante 3**. Como también aquellos residuos que tengan propiedades inflamables **Estante 2.2.1** deberán situarse separados de aquellos que tengan propiedades oxidantes **Estante 2.1.1** esto se realiza para evitar que ocurran reacciones indeseables entre los residuos incompatibles que se dispondrán de forma temporal en el almacenamiento.

## 9 CONCLUSIONES.

La elaboración del informe de inspección permitió conocer las características que contribuyen al riesgo presente en las edificaciones del Laboratorio de Docencia, donde en función a lo observado y basándonos en las normativas vigentes, se generaron una serie de recomendaciones que permitirán disminuir la vulnerabilidad en las instalaciones.

El diagnóstico de las experiencias de las prácticas permitió obtener los grados de peligrosidad de los residuos que se generan en este laboratorio, determinándose que el universo de sustancias se encuentran categorizadas únicamente en corrosivas, tóxicas y ecotóxicos.

Los diagramas de segregación presentados indican una forma esquematizada y organizada, de separación y clasificación de los residuos que se generan en el Laboratorio de Analítica I, contribuyendo a la mitigación del riesgo en dicho laboratorio.

La evaluación de la naturaleza de los residuos que se generan en el Laboratorio de Analítica I, permitió determinar los recipientes adecuados para el almacenamiento de éstos, de forma tal que se disminuya la probabilidad de reacción entre las sustancias y el contenedor.

El sistema de recolección selectiva y segregada aplicada a este trabajo nos permitió evaluar de manera más sencilla las posibles alternativas de tratamiento de los residuos

generados en este laboratorio en específico, en pro a la recuperación o minimización de la cantidad de los mismos.

El inventario realizado para los residuos del Laboratorio de Analítica I, permite ubicar los recipientes que contienen los residuos a través de los códigos de identificación de los mismos. También proporciona información de cantidad, grado de peligrosidad, fecha y semestre en los cuales se generan dichos residuos.

La selección del residuo a tratar, se basó en evaluaciones de los experimentos de las prácticas del laboratorio de estudio, empleando como parámetros determinantes, la peligrosidad de las sustancias, viabilidad del tratamiento y cantidades generadas.

La construcción de la matriz y determinación de los parámetros (peligrosidad, cantidad y viabilidad del tratamiento) nos permitió transformar la información cualitativa a valores cuantitativos, arrojando como prioritario para el tratamiento, el residuo dimetilglioximato de níquel (DMGNI) generado en la Práctica 6 Gravimetría.

El tratamiento aplicado al residuo seleccionado, es viable con limitaciones, ya que el método es sencillo, implica bajos costos, existe disponibilidad de los reactivos, genera residuos que pueden reutilizarse dentro de los Laboratorios de Docencia.

La pureza obtenida del Hidróxido de Níquel es de  $51\% \pm 7$ , siendo éste, útil como reactivo en el Laboratorio de Química Analítica I y Laboratorio de Instrumental.

El rendimiento obtenido en la precipitación del sulfato empleando cloruro de bario fue de  $94\% \pm 4$ , sin embargo, debe considerarse que los iones  $Ba^{2+}$  presentes en el residuo de filtración se encuentran por encima de lo establecido según la legislación, por lo cual, esta ruta presenta inconvenientes al incluirse como parte del diagrama ecológico debido a la toxicidad del ion mencionado.

Se elaboraron diversas recomendaciones para la recolección, reutilización o disminución de peligrosidad de los residuos segregados en el Laboratorio de Analítica I, con el fin de aprovechar la potencialidad de los mismos y disminuir la vulnerabilidad dentro del almacén temporal.

Se propuso el depósito L-101 para el almacenamiento temporal de los residuos generados en los Laboratorios de Docencia.

La evaluación de las incompatibilidades químicas aplicando el criterio profesional en base a las especificaciones de peligrosidad de los residuos generados en el Laboratorio de Docencia y utilizando como herramienta el cuadro de incompatibilidad de la OMI, fueron los factores fundamentales para la elaboración del plano de distribución del depósito L-101, con el fin de disminuir reacciones innecesarias que pudiesen ocasionar un riesgo a la salud y al ambiente.

## 10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- (1) Taboada, S y Araujo, N. (2000). Informe sobre la evaluación y eliminación de sustancias y desechos de la Escuela de Química de la Universidad Central de Venezuela. Trabajos de Investigación. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
  
- (2) Taboada, S y Morocoima, D. (2007) .Tesis Licenciatura en Química. Informe de primer avance de propuesta de gestión de riesgos y manejo de materiales peligrosos de los Laboratorios de Docencia de Química Inorgánica II de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
  
- (3) Taboada, S y Materan, R. (2002). Tesis de Licenciatura en Química. Primer avance en propuesta de gestión con desechos peligrosos en la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
  
- (4) Blanco, A; Carillo, V y Hernández, R. (2004). Tesis de Licenciatura en Farmacia. Manejo de Desechos Sólidos por parte de los habitantes de la comunidad EL Samán de Urama, Estado Carabobo. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Medicina, Escuela de Enfermería. Caracas, Venezuela.

- (5) Berrios, C. Manual de gestión de residuos peligrosos .Universidad de Salamanca, España. Recuperado 3 Julio 2014 a las 4:03pm. Página Web.<http://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-14%20Manual%20de%20gestion%20de%20residuos.pdf>
- (6) Gantier, S y Rojas, J (2004). Tesis de Ingeniería Química. Actividades para el Manejo de Desechos Peligrosos .Unidad de Laboratorios, Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
- (7) Gantier, S. (2002). Trabajo de pasantía. Establecimiento de un Plan para la disposición de Desechos generados en mantenimiento Industrial. Coordinación de Ingeniería de Producción. Facultad de Ingeniería. Universidad Simón Bolívar, Venezuela.
- (8) Rojas, J. (2004) .Trabajo especial de Grado .Estudio de reducción de riesgo en el Manejo de sales Inorgánicas en un Laboratorio Toxicológico. Facultad de Ingeniería, Universidad Simón Bolívar, Venezuela.
- (9) Sánchez, C. (2011). Manual para Manejo de los Residuos Peligrosos de tipo Químico. Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinoza de los Reyes. Ciudad de México, México. Recuperada el 3 Julio 2014 4:18PM. Página Web <http://www.inper.edu.mx/descargas/pdf/CRETI.pdf>.

- (10) Amo, C. (2012). Proyecto de Gestión Ambiental. Proyecto de Gestión Ambiental Unidad de Manejo de Residuos y Desechos del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales de Mérida. Mérida. Recuperado 3 Julio 2014 5:36PM. Página Web [www.misredes.com.ve/pdf doc/estudios verdes/estudio pdf/estudio 2.pdf](http://www.misredes.com.ve/pdf_doc/estudios_verdes/estudio_pdf/estudio_2.pdf)
- (11) Álvarez, V y Stalin, L. (2012). Trabajo de investigación para optar por el Grado de Químico Farmacéutico. Elaboración del Manual para el adecuado Manejo de Residuos Químicos Peligrosos en la Facultad de Ciencias, Químicas. Facultad de Química Farmacéutica. En la Universidad de Ecuador, Quito.
- (12) Berrio, L; Beltrán, O; Agudelo, E y Cardona, S. (2012). Red de Revistas Científicas de América Latina. Universidad de Colombia, Medellín. República de Colombia. Sistemas de Tratamiento para Residuos Líquidos generados en los Laboratorios de Análisis Químico. Recuperado el 3 Julio 2014 a las 4:23PM. Página Web <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424893008>.
- (13) Paredes, U y Castro, R. (2012). Propuesta de Manejo de los Residuos Químicos Líquidos generados en los Laboratorios para Alimentos del Instituto Nacional de Pesca .Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil. Ecuador. Recuperado el 4 Julio 2014 a las 12:40PM. Página Web <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2028/12/UPS-GT000280.pdf>.

- (14) Ing. Jiménez, C y Naranjo, S. (2012). Empresa Pasajeros de Quito. Normativa para el Manejo de Almacenamiento de Productos Químicos. Recuperado 4 Julio 2014 a la 1:25PM. Página Web

<http://www.trolebus.gob.ec/lotaipadjuntos/2013/Manejo%20y%20almacenamiento%20de%20productos%20quimicos.pdf>.

- (15) Gómez, C. (2013). Director de Desarrollo Sectorial Sostenible. Ministerio de Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Programa de Inversión para el Desarrollo Sostenible en la gestión ambiental de desechos peligrosos. Recuperado 3 Julio 2014 5:55PM. Página Web: [http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/boletines/nov2012/PGAR\\_2013\\_2023\\_TOLIMA\\_01\\_12\\_12.pdf](http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/boletines/nov2012/PGAR_2013_2023_TOLIMA_01_12_12.pdf).

- (16) Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Número 5908 el 19 de Febrero de 2009. Recuperada 5 Julio 2014 a las 7:10PM. Página Web <http://www.tsj.gov.ve/legislacion/enmienda2009.pdf>.

- (17) Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo, publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Numero 38.236 el 26 de Julio de 2005. Recuperada 5 Julio 2014 a las 8:23PM. Página Web

<http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/LOPCYMAT.pdf>.

- (18) Ley Orgánica del Ambiente, publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. Caracas. Viernes 22 de Diciembre de 2006. Numero 5.833 extraordinario. Recuperado 6 Julio 2014 a las 7:13PM. Página Web <http://www.minamb.gob.ve/files/Ley%20Organica%20del%20Ambiente/Ley-Organica-del-Ambiente-2007.pdf>.
- (19) Ley Penal del Ambiente, publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela en 1976. Gaceta Oficial N° 39.913 del 02 de Mayo de 2012. Recuperada 13 Abril 2014 a las 4:43PM. Página Web <http://www.minamb.gob.ve/files/ley%20penal%20del%20ambiente/Ley%20Penal%20del%20Ambiente.pdf>.
- (20) Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos, publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela el 13 de Noviembre de 2011. Recuperada 16 Abril 2014 a las 5:31PM. Página Web [http://www.inpsasel.gob.ve/moo\\_doc/ley\\_sus\\_%20mat\\_%20des\\_%20pel.pdf](http://www.inpsasel.gob.ve/moo_doc/ley_sus_%20mat_%20des_%20pel.pdf).
- (21) Convenio de Basilea. Recuperado 13 Febrero 2014 a las 11:06AM. Página Web <http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf>
- (22) Protocolo de Kyoto. Recuperado 13 Febrero 2014 a las 3:21PM. Página Web <http://www3.wcoomd.org/Kyoto%20Sp/cap8.PDF>.

- (23) Convenio Internacional para prevenir la contaminación de los buques. 2 de Noviembre de 1973. CONVENIO Marpol. Recuperado 20 Febrero 2014 a las 5:31PM. Página Web <http://www.marpol.net/convenio1.htm>.
- (24) Convenio de Rotterman. Recuperado 18 Febrero 2014 a las 10:02AM. Página Web  
[http://www.pic.int/Portals/5/ResourceKit/A\\_General%20information/b.Overview/OVERVIEW\\_Sp09.pdf](http://www.pic.int/Portals/5/ResourceKit/A_General%20information/b.Overview/OVERVIEW_Sp09.pdf).
- (25) Protocolo de Montreal. Recuperado 19 Febrero 2014 a las 5:40PM. Página Web  
[http://ozone.unep.org/new\\_site/sp/montreal\\_protocol.php](http://ozone.unep.org/new_site/sp/montreal_protocol.php).
- (26) Decreto 2635. Materiales y desechos peligrosos. Recuperado 6 Julio 2014 a las 4:35PM. Página Web  
[http://www.cidiat.ula.ve/sites/default/files/Decreto\\_2635%20Materiales%20y%20Desechos%20Peligrosos.pdf](http://www.cidiat.ula.ve/sites/default/files/Decreto_2635%20Materiales%20y%20Desechos%20Peligrosos.pdf).
- (27) Sistema Nacional de Reciclaje, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Industriales. Recuperado 6 Julio 2014 a las 3:24PM. Página Web  
[http://www.tecnoiuris.com/legislacion/index.php?option=com\\_content&view=article&id=662:decreto-2961-sistema-nacional-de-reciclaje-irataamiento-y-disposicion-final-de-residuos-industriales-gaceta-35229-1993&catid=30&Itemid=574](http://www.tecnoiuris.com/legislacion/index.php?option=com_content&view=article&id=662:decreto-2961-sistema-nacional-de-reciclaje-irataamiento-y-disposicion-final-de-residuos-industriales-gaceta-35229-1993&catid=30&Itemid=574).

- (28) Resolución 40. Venezuela. Recuperado 6 Julio 2014 a las 4:26PM. Página Web <http://www.cipram.com.ve/pdf/Resolucion%2040%20Manejadores%20desechos%20peligrosos.pdf>.
- (29) Decreto No. 883 contenido de las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de agua y Vertidos o Efluentes líquidos (publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5.021 Extraordinario con fecha del 18 de diciembre de 1995). Recuperado 19 Mayo 2014 a las 7:18PM. Página Web <http://vlex.com.ve/tags/decreto-883-calidad-de-agua-1026559>.
- (30) Norma Venezolana COVENIN 187-92 “Colores, símbolos y dimensiones para señales de seguridad”. Recuperado 5 Julio 2014 a las 3:37PM. Página Web <http://es.scribd.com/doc/37616692/Norma-COVENIN-Colores-Simbolos-y-Dimensiones-para-Senales-de-Seguridad-187-92>.
- (31) Norma Venezolana COVENIN2239-91 “Materiales inflamables y combustibles, almacenamiento y manipulación, parte I líquidos”. Recuperado 5 Julio 2014 a las 3:40PM. Página Web [http://www.cpzulia.org/ARCHIVOS\\_SSA/2239\\_4\\_1991\\_mat\\_inflam\\_part\\_4.pdf](http://www.cpzulia.org/ARCHIVOS_SSA/2239_4_1991_mat_inflam_part_4.pdf)
- (32) Norma Venezolana COVENIN 2239-II-85 “Materiales inflamables y combustibles, almacenamiento y manipulación, parte II materiales comunes.

Almacenamiento de interiores y exteriores. Recuperado 5 Julio 2014 a las 4:00PM. Página Web

[http://www.cpzulia.org/ARCHIVOS\\_SSA/2239\\_2\\_1985\\_mat\\_inflam\\_parte\\_2.pdf](http://www.cpzulia.org/ARCHIVOS_SSA/2239_2_1985_mat_inflam_parte_2.pdf).

- (33) Norma Venezolana COVENIN 2239-III-91 “Materiales inflamables y combustibles, almacenamiento y manipulación, parte IV. Sustancias de acuerdo a su incompatibilidad. Recuperado 5 Julio 2014 a las 4:12 PM. Página Web

[http://www.cpzulia.org/ARCHIVOS\\_SSA/2239\\_1\\_1991\\_mat\\_inflam\\_parte\\_1.pdf](http://www.cpzulia.org/ARCHIVOS_SSA/2239_1_1991_mat_inflam_parte_1.pdf).

- (34) Norma Venezolana COVENIN200-99 “Código Eléctrico Nacional”. Recuperado 5 Julio 2014 a las 3:46PM. Página Web

[http://www.sereinca.net/DOCUMENTOS/Codigo\\_Electrico\\_Nacional.pdf](http://www.sereinca.net/DOCUMENTOS/Codigo_Electrico_Nacional.pdf).

- (35) FONDO NORMA 2670-2012 “Materiales Peligrosos. Guía de Respuesta de Emergencias de incidentes o accidentes”.

- (36) Norma Venezolana COVENIN 3059-2002 “Hojas de datos de seguridad de los materiales peligrosos”. Recuperado 6 Julio 2014 a las 2:00PM. Página Web

<http://www.mqesystems.com/legislacionambiental/materialesydesechos peligrosos/NormaCOVENIN3059-2002.HojasdeSeguridad.PDF> .

(37) Norma Venezolana COVENIN 3060-93 “Materiales peligrosos. Clasificación, símbolos y dimensiones de señales de identificación”. Recuperado 6 Julio 2014 a las 11:20AM. Página Web

<http://www.bahemsconsultores.com/norma/3058-2002.PDF>.

(38) Norma Venezolana COVENIN 3061-93 “Materiales peligrosos. Guía para el entrenamiento de personas que manejan, almacenan y transportan materiales peligrosos”. Recuperado 6 Julio 2014 a las 12:10PM. Página Web <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/normas/nvcmatrad.html>.

(39) Norma venezolana COVENIN 3402-98 “Materiales peligrosos. Directrices para la atención de incidentes y emergencias”. Recuperado 6 Julio 2014 a las 2:21PM. Página Web <https://es.scribd.com/doc/85162566/3402-98>

(40) Centro de Información Química para Emergencia (2007). Sistemas de Identificación de las Naciones Unidas. Recuperado 3 Marzo 2014 a las 8:59AM. Página Web

<http://www.ciquime.org.ar/CIQUIME/DOC/clasificacion.htm>.

(41) Ejemplo de Pictograma de las Naciones Unidas. Jornadas sobre Mercancías Peligrosas para voluntarios de emergencias. Recuperado 3 Julio 2014 a las 7:55PM. Página Web <http://www.blogdeltransportista.com/2009/page/37/>.

- (42) Fernandes, R. Doctor en Ciencias Químicas, Técnico Superior en Riesgos Laborales Clasificación, etiquetado y embalaje de sustancias peligrosas en la unión Europea (UE). Recuperado 3 Julio 2014 a las 8:20PM. Página Web [http://www.apaprevencion.com/fotos/articulos\\_tecnicos/p183\\_3.pdf](http://www.apaprevencion.com/fotos/articulos_tecnicos/p183_3.pdf).
- (43) Ejemplo de Pictograma de la Unión Europea (UE). Transporte de Mercancías Peligrosas, rotulado y etiquetado. Recuperado 3 Julio 2014 a las 8:41PM. Página Web <http://www.monografias.com/trabajos89/transporte-mercancias-peligrosas-rotulado-y-etiquetado/transporte-mercancias-peligrosas-rotulado-y-etiquetado.shtml>.
- (44) Sistema de Clasificación Globalmente Armonizado. Recuperado 23 Agosto 2014 a las 2:22PM. Página Web <http://quimicathai.wordpress.com/2010/11/10/sga-ya-esta-de-camino/>.
- (45) NFPA “704” (National FIRE production association). Sistema para la identificación de riesgo de incendio de materiales peligrosos. Recuperado 15 Marzo 2014 a las 2:14PM. Página Web <http://www.estrucplan.com.ar/Secciones/Hojas/nfpa.asp>. <http://manipulacionsustanciasquimicas.blogspot.com/2013/03/informacion-para-un-manejo-seguro-las.html>
- (46) Hojas de datos de Seguridad de los Materiales Peligrosos. Recuperado 16 Marzo 2014 a las 6:16PM. Página Web

<http://norma-ohsas18001.blogspot.com/2012/02/hoja-de-datos-de-seguridad-de.html>.

(47) Norma Venezolana COVENIN 3059-2002 “Hojas de datos de seguridad de los materiales peligrosos”. Recuperado 4 Julio 2014 a las 7:43PM. Página Web <http://www.mgesystems.com/legislacionambiental/materialesydesechos peligrosos/NormaCOVENIN3059-2002.HojasdeSeguridad.PDF>.

(48) Fondo Norma. Norma Venezolana. Hojas de datos de Seguridad para Productos Químicos Fondo Norma 3059:2006. 2da Revisión. Recuperado 4 Julio 2014 a las 7:55PM. Página Web <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3059-02.pdf>

(49) Sustancias Químicas Incompatibles. California-Arizona Consortium, Programa de Salud Laboral, Universidad de California, Berkeley. Recuperado 15 Abril 2014 a las 9:50PM. Página Web [http://catehe.com/09\\_boletines/b100\\_sust\\_incompatibles/b100-03\\_basico\\_sust\\_incompatibles.pdf](http://catehe.com/09_boletines/b100_sust_incompatibles/b100-03_basico_sust_incompatibles.pdf).

(50) Tabla de incompatibilidades de sustancias y materiales peligrosos. Recuperado 15 Abril 2014 a las 9:50AM. Página Web <http://www.textoscientificos.com/quimica/almacenaje/incompatibilidad-quimica>.

- (51) Incompatibilidades de almacenamiento de algunos productos químicos peligrosos. Manual de seguridad para operaciones en laboratorios de biotecnología y de tipo biológico. Servicio Integrado de Prevención de Riesgos Laborales. Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado 5 Julio 2014 a las 4:26PM. Página Web

<https://www.sprl.upv.es/msbiotecnologia.htm#p23>.

- (52) Tabla de reactividad entre productos. Reacciones peligrosas de los ácidos. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales, España. Recuperado 5 Julio 2014 a las 4:26PM. Página Web

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_479.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_479.pdf).

- (53) Tabla de Incompatibilidades Químicas de algunas Sustancias Químicas. Recuperado 5 Julio 2014 a las 4:33PM. Página Web

[http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED\\_MAIN/LAUNIVERSIDAD/VICE\\_RRECTORADOS/GERENCIA/RECURSOS%20HUMANOS/SALUD-LABORAL/RIESGO%20QUIMICO%20EN%20LABORATORIOS/GUIA%20TECNICA%20RIESGO%20QUIMICO/ANEXO%202.PDF](http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED_MAIN/LAUNIVERSIDAD/VICE_RRECTORADOS/GERENCIA/RECURSOS%20HUMANOS/SALUD-LABORAL/RIESGO%20QUIMICO%20EN%20LABORATORIOS/GUIA%20TECNICA%20RIESGO%20QUIMICO/ANEXO%202.PDF).

- (54) Servicio de Prevención UCLM. Almacenamiento de Desechos y Residuos Peligrosos. Recuperado 5 Marzo 2014 a las 3:18PM. Página Web

<https://www.uclm.es/servicios/prevencion/residuos/documentacion/Manual/12.%20Almacenes.pdf>.

(55) Disposición de recipientes en estanterías. Almacenamiento de productos químicos. Universidad Nacional del Centro de la Providencia de Buenos Aires, Argentina. Recuperado 12 Marzo 2014 a las 8:50PM. Página Web <http://www.vet.unicen.edu.ar/html/SeguridadenelTrabajo/Documentos/Almacenamiento.pdf>.

(56) Envases de vidrio y plástico. Recuperado 16 Abril 2014 a las 5.54PM. Página Web <http://vidriovsplastico.blogspot.com/>.

(57) Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos. Recuperado 18 Marzo 2014 a las 6:43PM. Página Web

[http://www.construmatica.com/construpedia/Clasificaci%C3%B3n\\_y\\_Etiquetado\\_de\\_Productos\\_Peligrosos](http://www.construmatica.com/construpedia/Clasificaci%C3%B3n_y_Etiquetado_de_Productos_Peligrosos).

(58) Sandas, S y Berrellesa, N. (2005). Taller de minimización de los residuos de los laboratorios, 1era Reunión Nacional de Análisis, Centro de Ciencias de Sinaloa. Sinaloa, México. Recuperado 23 Julio 2014 a las 6:20PM. Página Web <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/8-Exactas/E-048.pdf>.

(59) Cassa, J y García (1978). Técnicas de Laboratorio Químico 2.2: Análisis Químico cualitativo y cuantitativo. Editorial Bruno. Madrid. España. Pag 130-142.

- (60) Treybal, R. (1988). Operaciones de Transferencia de Masa. Segunda edición. McGraw Hill. México. Recuperado 24 Julio 2014 a las 6:50PM. Página Web <http://www.catalogo.uni.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=34358>.
- (61) Larrañaga, E. Sociedad Pública Gestión Ambiental, Reino Unido. Recomendaciones para la Reducción de Residuos. Recuperado 5 Julio 2014 a las 6:55PM. Página Web <http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/3228.pdf>.
- (62) Ginel, S y Barrero, F. Gestión de Residuos Peligrosos en Laboratorios Universitarios. Cátedra PRL. Prevención de Riesgos Laborales. Universidad de Sevilla, España. Recuperado 9 Abril 2015 a las 8:42PM. Página Web [http://catedraprl.us.es/doc/archivo\\_adjunto\\_pfc\\_4.pdf](http://catedraprl.us.es/doc/archivo_adjunto_pfc_4.pdf).
- (63) Norma COVENIN 810-95 “Características de los medios de escape en edificaciones según el tipo de ocupación”. Recuperado 1 Abril 2015 a las 6:29PM. Página Web <https://es.scribd.com/doc/47083318/810-1998- Caracteristicas-de-los-medios-de-Escape-en-Edificaciones-Segun-Tipo-de-Ocupacion>.

- (64) Norma COVENIN 1040-89. "Extintores Portátiles. Generalidades". Recuperado 1 Abril 2015 a las 6:30PM. Página Web  
<https://es.scribd.com/doc/25115934/Normas-Venezolana-COVENIN-253-1999>.
- (65) Norma COVENIN 253-2006. "Codificación para la identificación de tuberías que conduzcan fluidos". Recuperado 1 Abril 2015 a las 6:30PM. Página Web  
<https://es.scribd.com/doc/25115934/Normas-Venezolana-COVENIN-253-1999>.
- (66) Norma COVENIN 187-2003. "Símbolos y dimensiones para señales de seguridad". Recuperado 1 Abril 2015 a las 6:31PM. Página Web  
<https://es.scribd.com/doc/55591434/Covenin-187-2003-Unlocked>.
- (67) Underwood, L. Química Analítica Cuantitativa, 5ta Edición. Procedimientos de Laboratorio. Pág. 739-794.
- (68) Degradación de Materia Orgánica en medio Acido. Solución Piraña. Recuperado 9 Abril 2015 a las 9:31PM. Página Web  
<http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Procesos/Compilaci%C3%B3n%20de%20recetas%20qu%C3%ADmicas.pdf>.
- (69) Odetti, H y Bottani, E (2006). Introducción a la Química Inorgánica. 3ra Edición. Santa Fe, Argentina. Pág. 320-321.

- (70) Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. La Química Analítica y las etiquetas. Recuperado 9 Abril 2015 a las 9:37PM. Página Web <http://www.uv.es/gidprl/etiquetas/sulfato.html>.
- (71) Aplicaciones del Sulfato de Bario. (2010-2011) Empresa FERTICAMICRYS. Duran, Ecuador. Recuperado 16 Enero 2015 a las 8:34AM. Página Web [http://www.ferticamycrus.com/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=29&category\\_id=8&option=com\\_virtuemart&Itemid=57](http://www.ferticamycrus.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=29&category_id=8&option=com_virtuemart&Itemid=57).
- (72) Blesa, M; Chocron, M; Littler, M. (2003).Tratamientos de residuos convencionales y radioactivos de baja actividad por tecnologías avanzadas de oxidación. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires, Argentina. Recuperado 6 Enero 2015 a las 2:45PM. Página Web [http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/tratamiento\\_residuos.pdf](http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/tratamiento_residuos.pdf).
- (73) Litter, M; Chocrón,M; Repetto, P; Pardo, M y Blesa, M. Tratamiento de Residuos Nucleares Líquidos por Fotocatálisis Heterogénea. Comisión Nacional de Energía Atómica, Unidad de Actividad Química, San Martín, Buenos Aires Argentina. Recuperado 6 Enero 2015 a las 3:50PM. Página Web <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=20620&indexSearch=ID>.

- (74) Precipitación Química. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Bogotá, Colombia. Recuperado 14 Enero 2015 a las 9:19AM. Página Web  
[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo\\_8/Pages/Proceso\\_tratamiento\\_aguas\(b\)\\_continuacion3.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo_8/Pages/Proceso_tratamiento_aguas(b)_continuacion3.htm).
- (75) Taboada, S y Gainza, A. (2007). “Primer Avance de Propuesta de Gestión de Riesgos y Manejo de Materiales Peligrosos. Laboratorio Docente de Principios de Química de la Universidad Central de Venezuela”. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Venezuela. Pág. 140-158.
- (76) Taboada, S; Acevedo, L y De la Concha, S. (2015). “Propuesta de gestión de almacenamiento de reactivos y manejo de residuos generados en los laboratorios de docencia de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Venezuela. Pág. 88-92.
- (77) Manual, Higiene y Seguridad y Protección del Medio Ambiente del Laboratorio de Química (2011). Universidad Pontificia Javeriana. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ciencias Naturales y Matemáticas. Cali, Colombia. Pág. 58.

## 11 ANEXOS.

AN-1 Mapa de ubicación del Laboratorio de Docencia, Universidad Central de Venezuela, Ciudad Universitaria



Figura 16. Mapa de ubicación del Laboratorio de Docencia, UCV

**AN-2 Inspección de los Laboratorios de Docencia, de la Escuela de Química, de la Facultad de Ciencias, UCV.**

**PLANTA BAJA.**

**1. Pasillo**

- ✓ Presenta un envase grande de hipoclorito de sodio lleno.
- ✓ Presenta un cilindro no identificado el cual no se encuentra sujeto a un punto fijo.
- ✓ Ausencia de sistema de detección y alarma.
- ✓ Inexistencia de sistema de extinción portátil de ningún tipo
- ✓ No presenta suficiente señalizaciones que cumpla con la normativa pertinente.
- ✓ No contienen manguera o paño.
- ✓ Ausencia de orden y limpieza.
- ✓ El lugar no cuenta con una iluminación adecuada.

- ✓ No existen señalizaciones de equipos, como sistema de extinción portátil, ruta de escape etc.
  
- ✓ Salidas de emergencia bloqueadas con candados.
  
- ✓ Las vías de escape están obstruidas por objetos mal colocados.
  
- ✓ Lavajojos no funciona
  
- ✓ Existencias de materiales químicos dispuestos de manera incorrecta en las escaleras de acceso al segundo piso
  
- ✓ Alto riesgo eléctrico al existir cableado dispuesto de manera inadecuada.

## **2. Laboratorio de Instrumental.**

- ✓ Posee un sistema de extinción portátil, pero no es el adecuado para el laboratorio, es decir, cumple con estar recargado pero no con la demanda del laboratorio. Además se encuentra obstruido por un escritorio.
  
- ✓ Los cilindros de He, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Aire comprimido no se encuentran sujetos a la pared.

- ✓ Las tuberías que transportan fluidos y cableado eléctrico no cuentan con la coloración adecuada
- ✓ Los estantes con los reactivos no se encuentran sujetos a la pared.
- ✓ El laboratorio no cuenta con carteles en la entrada que indiquen los riesgos presentes.
- ✓ Existen señalizaciones de ducha mas no posee otras señalizaciones necesarias.
- ✓ Inexistencia de lavaojos.
- ✓ El sistema eléctrico posee fallas, ya que existe cableado eléctrico expuesto.
- ✓ Presencia de Kit. de emergencia incompleta (solo posee gasa).
- ✓ No existen rutas de escape en caso de emergencia y una de las puertas de salida se encuentran cerradas.
- ✓ No poseen sistema de detección y alarma.
- ✓ No se cuenta con hojas de seguridad de los reactivos presentes.

### 3. Laboratorio de Orgánica II.

- ✓ Posee un sistema de extinción portátil en buenas condiciones y en tamaño adecuado para las necesidades del laboratorio.
- ✓ El sistema eléctrico posee fallas, ya que existe cableado eléctrico expuesto.
- ✓ El laboratorio no cuenta con lavaojos.
- ✓ No posee señalizaciones de ducha de emergencia, vía de escape, riesgos químicos etc.
- ✓ No poseen sistema de detección y alarma.
- ✓ Los estantes de reactivos no se encuentran fijos a la pared.
- ✓ Las tuberías que conducen los fluidos no poseen la coloración adecuada.
- ✓ No se cuenta con hojas de seguridad de los reactivos presentes.
- ✓ Mal distribución, etiquetado y envasado de los residuos generados.

### 4. Laboratorio de Orgánica I.

- ✓ El laboratorio cuenta con buena iluminación y ventilación.

- ✓ Posee un sistema de extinción portátil en buenas condiciones y en tamaño adecuado para las necesidades del laboratorio.
- ✓ No existen señalizaciones de riesgo químicos, vías de escape etc.
- ✓ La ducha de emergencia se encuentra mal ubicada entre papelera y pote de agua destilada
- ✓ Los estantes de los reactivos no se encuentran fijos.
- ✓ Presencia de riesgo químico, los reactivos incompatibles se encuentran en conjunto.
- ✓ No posee orden y limpieza
- ✓ Las tuberías que conducen los fluidos no poseen la coloración adecuada.
- ✓ No existe un sistema de detección y alarma en caso de incendio.
- ✓ No se cuenta con hojas de seguridad de los reactivos presentes.

##### **5. Laboratorio de Orgánica para biólogos.**

- ✓ Posee un sistema de extinción portátil en buena condición y el tamaño adecuado para las necesidades del laboratorio, sin embargo, se encuentra bloqueado su acceso por una mesa.

- ✓ El laboratorio no posee ducha de emergencia ni lavaojos.
- ✓ Iluminación pobre y escasa.
- ✓ Kit. de emergencia incompleto solo (alcohol, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).
- ✓ En una de las campanas hay deterioro de agua servida.
- ✓ No hay orden ni limpieza dentro de las instalaciones.
- ✓ No existe un sistema de detección y alarma en caso de incendio
- ✓ Las tuberías que conducen los fluidos no poseen la coloración adecuada
- ✓ Los estantes de reactivos e instrumentos no están fijos.
- ✓ No hay presencia de extractores.
- ✓ El laboratorio no cuenta con carteles en la entrada que indiquen los riesgos presentes.
- ✓ Falta de hojas de seguridad de los reactivos presentes.

## 6. Laboratorio de Química Analítica (Norte).

- ✓ Posee sistema de extinción portátil, pero no el adecuado para las necesidades del laboratorio, es decir, cumple con la recarga pero no con el laboratorio.
- ✓ El laboratorio no cuenta con lavaojos.
- ✓ Falta de orden y limpieza.
- ✓ Las tuberías que conducen los fluidos no poseen la coloración adecuada.
- ✓ Inexistencia de carteles en la entrada que indiquen los riesgos presentes.
- ✓ No existe señalizaciones de riesgo químico, eléctrico etc.
- ✓ Posee Kit. de emergencia incompleto solo presencia de ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , Merthiolate, Vinagre).
- ✓ El laboratorio no cuenta con carteles en la entrada que indiquen los riesgos presentes.
- ✓ No existen hojas de seguridad de los reactivos presentes.

## 7. Laboratorio de Química Analítica (Sur).

- ✓ Las tuberías que conducen los fluidos no poseen la coloración adecuada
- ✓ Los estantes de reactivos no se encuentran fijados.
- ✓ No cuenta con orden ni limpieza.
- ✓ No hay presencia de carteles en la entrada que indiquen los riesgos presentes.
- ✓ Posee Kit. de emergencia incompleto solo presta con (  $\text{H}_2\text{O}_2$ , vinagre,  $\text{NaCO}_3$ )
- ✓ El sistema eléctrico posee fallas, ya que existe cableado eléctrico expuesto.
- ✓ No posee señalizaciones de salida de emergencia, vías de escape, riesgo eléctrico, químico etc.
- ✓ No está presente las respectivas hojas de seguridad de los reactivos presentes.
- ✓ No hay presencia de sistema de extinción portátil.

## PRIMER PISO.

## 8. Pasillo:

- ✓ El lugar no cuenta con iluminación adecuada.
- ✓ No presenta manguera o paño.
- ✓ Ausencia de orden y limpieza.
- ✓ No poseen sistema de detección y alarma
- ✓ Inexistencia de sistema de extinción portátil de ningún tipo
- ✓ Presencia de obstáculos que impiden el libre tránsito del personal y alumnado en caso de una evacuación del lugar en caso de emergencia.
- ✓ El sistema eléctrico posee fallas, ya que existe cableado eléctrico expuesto.
- ✓ No cuenta con ducha de emergencia ni lavaojos.
- ✓ No presenta señalizaciones de emergencia, información y rutas de escape.

#### **9. Almacén de reactivos:**

- ✓ Iluminación inadecuada.
- ✓ Ventilación escasa.
- ✓ No presenta señalizaciones de emergencia.

- ✓ Limpieza y orden inadecuados.
- ✓ Riesgo eléctrico presente al existir cableado dispuesto de manera inadecuada
- ✓ Inexistencia de sistema de extinción portátil.

#### **10.Laboratorio de Inorgánica II.**

- ✓ No poseen sistema de extinción portátil de ningún tipo.
- ✓ Posee ducha de emergencia, sin embargo no cuenta con su respectiva señalización.
- ✓ Presenta pocas señalizaciones de equipo de protección personal y de forma inadecuada.
- ✓ Cuenta con Kit. de emergencia deficiente (falta de insumo).
- ✓ El sistema de ventilación es deficiente, ya que el extractor de aire no está operativo.
- ✓ No existen señalizaciones de vía de escape, sistema de extinción portátil, etc.
- ✓ No poseen sistema de detección y alarma.
- ✓ Deficiencia en presencia de hojas de seguridad de los reactivos presentes.

- ✓ Existen cilindros de gases comprimidos sin seguridad ya que no se encuentran sujetos a la pared.

### **11. Laboratorio de Físicoquímica.**

- ✓ No posee señalizaciones de equipos de extinción portátil, vía de escape, etc.
- ✓ No poseen sistema de detección y alarma.
- ✓ No se cuenta con hojas de seguridad de los reactivos presentes.
- ✓ No poseen sistema de extinción portátil de ningún tipo.
- ✓ Existen muchos obstáculos que impiden el libre tránsito del personal en caso de una evacuación del lugar en caso de emergencia.
- ✓ Posee Kit. d emergencia deficiente (falta de insumo)
- ✓ No existen señalizaciones de vía de escape, sistema de extinción portátil, riesgos químicos etc.

**12. Laboratorio de Principios de Química (L-103) (2 secciones).**

- ✓ No poseen sistema de extinción portátil de ningún tipo.
- ✓ Posee ducha de emergencia sin embargo presenta ausencia de señalización respectiva.
- ✓ Posee buena iluminación, sin embargo, no cuenta con buena ventilación.
- ✓ Los estantes de reactivos no se encuentran fijos a la pared
- ✓ No existen señalizaciones de vía de escape, sistema de extinción portátil, riesgo físico, químico etc.
- ✓ No poseen sistema de detección y alarma.
- ✓ No se cuenta con hojas de seguridad de los reactivos presentes.
- ✓ Existen campanas que están en mal estado debido a los desechos y residuos.

**13. Laboratorio de Principios de Química (L-102).**

- ✓ No poseen sistema de extinción portátil de ningún tipo.

- ✓ Posee ducha de emergencia, sin embargo, no está presente su respectiva señalización.
- ✓ Las tuberías que conducen los fluidos poseen la coloración adecuada.
- ✓ El sistema eléctrico posee fallas, ya que existe cableado eléctrico expuesto.
- ✓ Existen obstáculos que impiden el libre tránsito del personal en caso de una evacuación del lugar en caso de emergencia.
- ✓ El laboratorio no cuenta con carteles en la entrada que indiquen los riesgos presentes.
- ✓ Existe la presencia de desechos y residuos mal ubicados, generando riesgo químico.
- ✓ No poseen sistema de detección y alarma.
- ✓ No se cuenta con hojas de seguridad de los reactivos presentes.

#### **14. Laboratorio de Inorgánica I.**

- ✓ No poseen sistema de extinción portátil de ningún tipo
- ✓ Presenta señalización de riesgo químico, sin embargo, deficiente de señalización de vías de escape

- ✓ No poseen sistema de detección y alarma.
- ✓ No se cuenta con hojas de seguridad de los reactivos presentes.
- ✓ El sistema eléctrico posee fallas, ya que existe cableado eléctrico expuesto.
- ✓ Los estantes que posee reactivos no se encuentran fijos en un soporte.
- ✓ Posee mal disposición de reactivos.
- ✓ Posee elevado riesgo químico por la existencia de desechos mal ubicados en las campanas de extracción.

#### **15. Deposito L-101.**

- ✓ No poseen sistema de detección y alarma.
- ✓ Inexistente sistema de extinción portátil de ningún tipo.
- ✓ Presenta algunas señalizaciones, sin embargo, de forma deficiente, no posee señalización de equipos de extinción portátil ni vías de escape.
- ✓ Cuenta con mal almacenamiento de los reactivos.
- ✓ No presenta buena iluminación ni ventilación.

- ✓ El personal que labora en el área está expuesto a un alto riesgo de quedar atrapado en caso de emergencia, debido a la cantidad de obstáculos que están ubicados en la ruta de salida.
- ✓ Ausencia total de un sistema de detección y alarma en caso de incendio.

#### **16. Deposito L-109.**

- ✓ Ausencia de orden y limpieza.
- ✓ Posee Kit. De emergencia deficiente (falta de insumos).
- ✓ No poseen sistema de iluminación en caso de emergencia.
- ✓ No poseen sistema de detección y alarma.
- ✓ El personal que labora en el área está expuesto a un alto riesgo de quedar atrapado en caso de emergencia debido a la cantidad de obstáculos que están ubicados en la ruta de salida.
- ✓ Posee sistema de extinción portátil sin embargo se encuentra descargado.

**17. Cuarto de almacenamiento.**

- ✓ Cuenta con lavajos sin embargo no sirve.
- ✓ Presenta en la entrada una alcantarilla destapada que gotea causando un riesgo físico para el operador o estudiante que ingrese o salga.
- ✓ No presenta buena iluminación ni ventilación.
- ✓ No hay orden ni limpieza.
- ✓ Los reactivos que se encuentran en los estantes son incompatibles, causando un elevado riesgo químico.
- ✓ No poseen sistema de detección y alarma
- ✓ No poseen sistema de extinción portátil de ningún tipo
- ✓ Existen obstáculos que impiden el libre tránsito del personal en caso de una evacuación por emergencia.
- ✓ No posee señalizaciones de equipos de extinción portátil, vía de escape, etc.

**AN-3 Registro de condiciones de Laboratorio de Docencia, Escuela de Química de la Facultad de Ciencias, UCV.**

1. Sistema de extinción de incendio inoperativo.



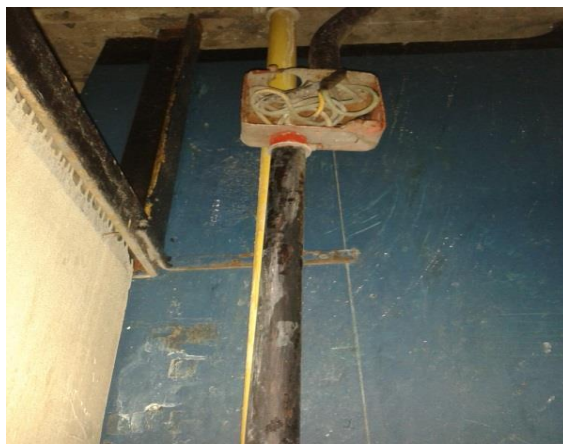
2. Riesgo físico.



3. Cilindros no sujetos a punto fijo, adicional obstrucción de vías de escape.



4. Riesgo eléctrico.



5. Pésima distribución de sustancias químicas.





6. Tuberías no identificadas con el color adecuado.



7. Obstrucción de objetos en los almacenes de reactivos, además mala distribución de reactivos.



8. Kit de emergencias incompleto.



9 Señalizaciones de extintores sin su respectivo extintor.



**AN-4 Inventario de los residuos generados en el Laboratorio de Análítica I.****Nombre del laboratorio:** Laboratorio de Química Analítica I.**Nombre de Profesor que dicta el laboratorio:** Rosa Amaro.

# de identificación del recipiente	Práctica	Experiencia	Residuos	Cantidad generada por semestre (L)	Peligrosidad (ONU) <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>
RP-P-E01-01 -T Q.I II-1/2015	1	Identificación de cationes	Mezcla de cationes en solución	(0,8±0,1)L	9 H11
RP-P-E 01-01 +T Q.I II-1/2015					
RP-P-E 02-01 +T Q.I II-1/2015	2	Identificación de aniones	Mezcla de aniones en solución	(0,7±0,1)L	9 H11
RP-P-E 02-01 -T Q.I II-1/2015					
RP-P-E 03-01 +T Q.I II-1/2015	3	Identificación de muestra sólida	Mezcla de aniones y cationes en	(0,9±0,1)L	9 H11

RP-P-E 03-01 -T Q.I II-1/2015			solución		
RP-P-E 05-01 Q.I II-1/2015	5	Estandarización del NaOH	$\text{KNaC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ $\text{OH}^-$ (solución Básica)	$(3,60 \pm 0,04)\text{L}$	8 H.8
RP-P-E 05-02 Q.I II-1/2015	5	Titulación del vinagre	$\text{CH}_3\text{COO}^- \text{Na}^+$ $\text{OH}^-$ $\text{CH}_3\text{COOH}$ (solución básica)	$(1,30 \pm 0,06)\text{L}$	8 H.8
RP-P-E 06-01.1 Q.I II-1/2015	6	Precipitación del dimetilgloximato de níquel (filtrado)	$\text{Cl}^- \text{NO}_3^- \text{Ni}^{2+}$ $\text{NH}_4^+ \text{OH}^-$ $(\text{CH}_3\text{CNOH})_2$  (solución basica)	$(11,0 \pm 0,8)\text{L}$	8 H.8
RP-P-E 06-02.1 Q.I II-1/2015	6	Precipitación del Sulfato de Bario ( filtrado)	$\text{Na}^+ \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Ba}^{2+}$ $\text{Ag}^+ \text{Cl}^-$ (Solución)	$(4,2 \pm 0,8)\text{L}$	N/A
RP-P-E 07-01 Q.I II-1/2015	7	Estandarización del EDTA	EDTA Quelato metal- EDTA ( $\text{Ca}^{2+}$ ) NET( $\text{Ca}^{2+}$ ) $\text{Ca}^{2+} \text{CO}_3^{2-}$ (Solución básica por buffer)	$(3,2 \pm 0,8)\text{L}$	8 H8 Peligroso para medio marino
RP-P-E 07-02 Q.I II-1/2015	7	Obtención de dureza cálcica	EDTA EDTA- ( $\text{Ca}^{2+}$ ) Rojo de metilo- ( $\text{Ca}^{2+}$ )	$(4,2 \pm 0,8)\text{L}$	8 H8 Peligroso para el medio

			Mg <sup>2+</sup> OH <sup>-</sup> (solución básica por buffer)		marino
RP-P-E 07-03 Q.I II-1/2015	7	Obtención dureza total	EDTA EDTA- (Ca <sup>2+</sup> ) EDTA -(Mg <sup>2+</sup> ) NET(Ca <sup>2+</sup> ) (solución básica por buffer)	(4,6±0,7)L	8 H8 Peligroso para el medio marino
RP-P-E-08-01 Q.I II-1/2015	8	Titulación Oxido Reducción	Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> K <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> Zn <sup>2+</sup> Hg <sup>2+</sup> Cr <sup>3+</sup> ( Solución acida)	(1,9±0,7)L	8 H.8
RP-P-E 09-01 Q.I II-1/2015	9	Estandarización del NaOH	KNaC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub> Na <sup>+</sup> OH <sup>-</sup> (solución Básica)	(1,6±0,7)L	8 H.8
RP-P-E-09-02 Q.I II-1/2015	9	Titulación Potenciometrica	Na <sup>+</sup> PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> OH <sup>-</sup> (solución básica)	(1,3±0,8)L	8 H.8

Tabla 61. Inventarios de residuos líquidos de las prácticas del Laboratorio de Analítica I.

En la siguiente tabla se muestra el inventario para aquellos residuos sólidos generados:

**Nombre del laboratorio:** Laboratorio de Química Analítica I.

**Nombre de Profesor que dicta el laboratorio:** Rosa Amaro.

# de identificación del recipiente	# de práctica	Experiencia	Residuos	Cantidad generada por semestre (gr)	Peligrosidad (ONU) <sup>(40)</sup> Decreto 2635 <sup>(26)</sup>
RP-06-01.2 Q.I II-1/2015	6	Obtención del precipitado dimetilgloximato de Níquel.	(DMG) <sub>2</sub> Ni	(80,2±0,1)g	N/A Riesgo según la NFPA para la salud 2
RP-06-02.2 Q.I II-1/2015	6	Obtención del precipitado sulfato de bario	BaSO <sub>4</sub>	(19,20±0,01)g	6 H6.2

Tabla 62. Inventario de Residuos Sólidos de las Prácticas del Laboratorio de Analítica

## AN-5 Diagramas de segregación de los residuos del Laboratorio de Análítica I.

### Práctica 1. Marcha Analítica de Cationes.

Debido a que la práctica es cualitativa, y a la diversidad de los procedimientos para la identificación. Estos dependerán del catión que se encuentre en la muestra. Por lo cual el diagrama de segregación se resume en dos partes, para aquellos residuos que se consideren más tóxicos (+T) y para aquellos menos tóxicos (-T).

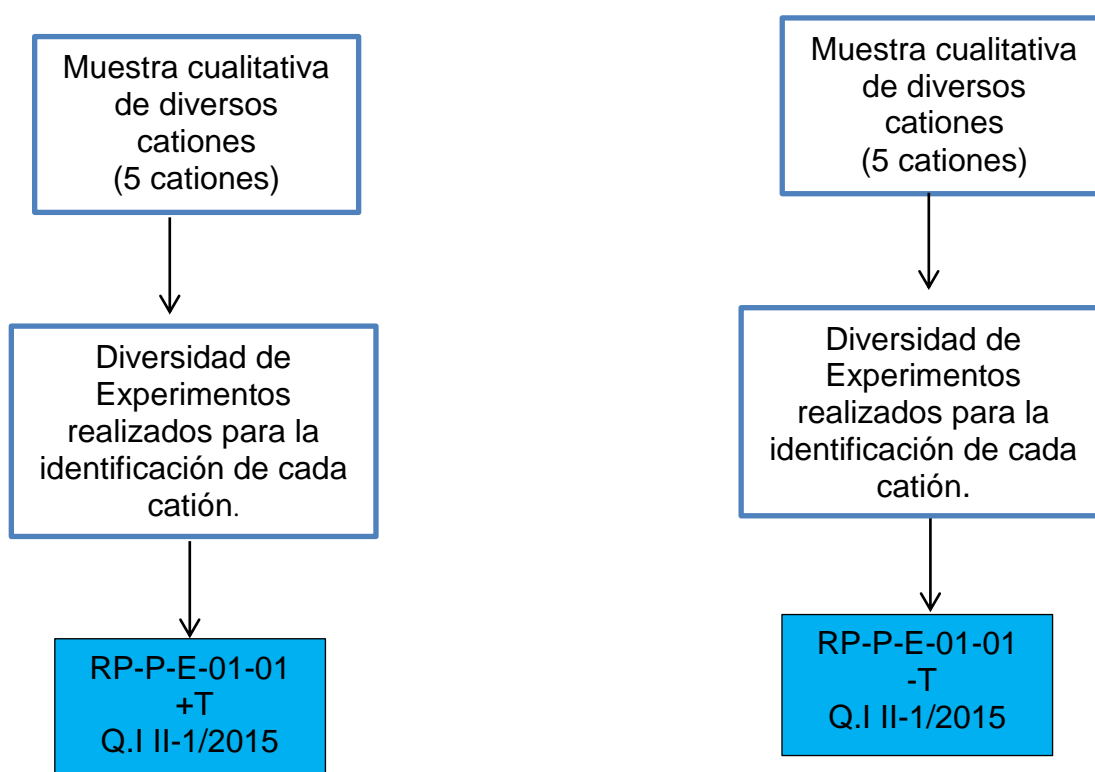


Figura 17. Diagrama de segregación. Práctica 1. Marcha Analítica de Cationes.

## Práctica 2. Marcha Analítica de Aniones.

Debido a que la práctica es cualitativa, y a la diversidad de los procedimientos para la identificación. Estos dependerán del anión que se encuentre en la muestra. Por lo cual el diagrama de segregación se resume en dos partes, para aquellos residuos que se consideren más tóxicos (+T) y para aquellos menos tóxicos (-T):

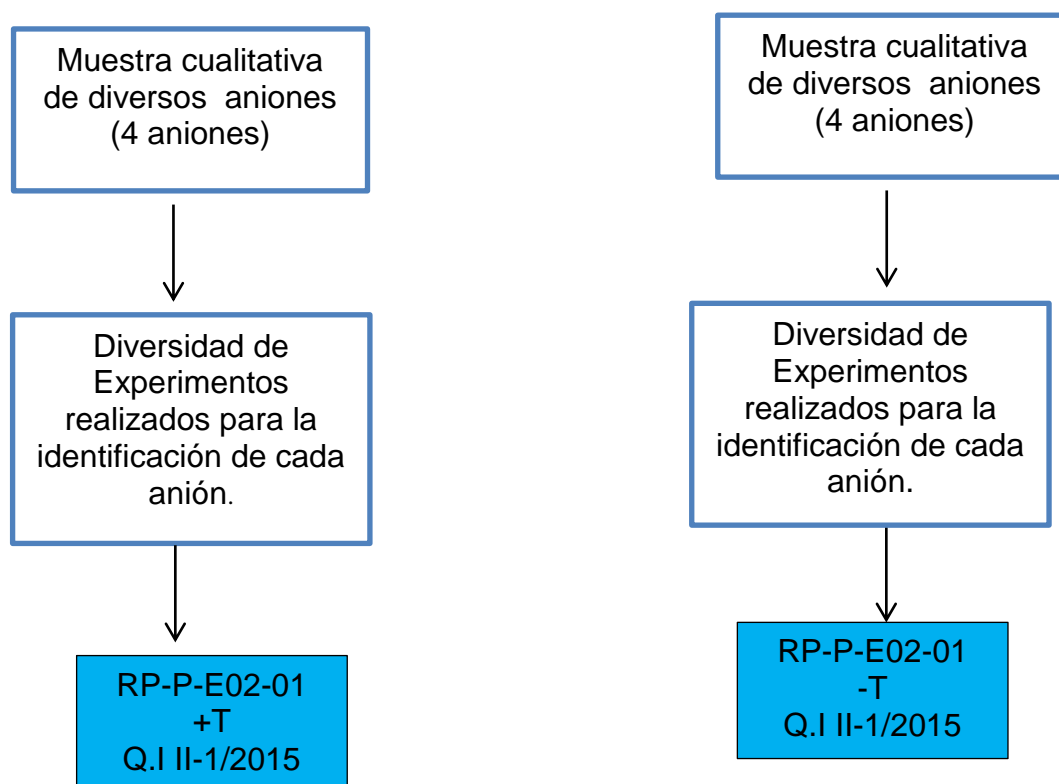


Figura 18. Diagrama de segregación. Práctica 2. Marcha Analítica de Aniones.

### Práctica 3. Marcha Analítica de Muestra Sólida.

Debido a que la práctica es cualitativa, y a la diversidad de los procedimientos para la identificación. Estos dependerán de las sales que se encuentren en la muestra. Por lo cual el diagrama de segregación se resume en dos partes, para aquellos residuos que se consideren más tóxicos (+T) y para aquellos menos tóxicos (-T):

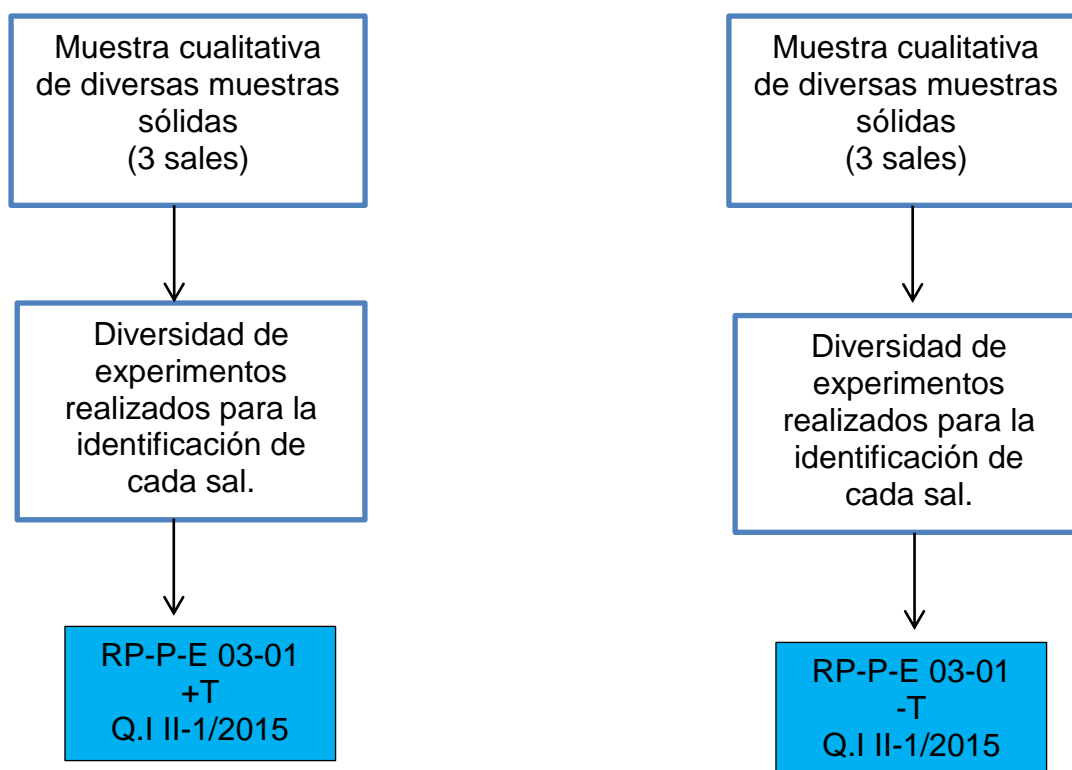


Figura 19. Diagrama de segregación. Práctica 3. Muestra Sólida.

## Práctica 5. Titulaciones Ácido-Base

### Experiencia 1

#### Estandarización del NaOH

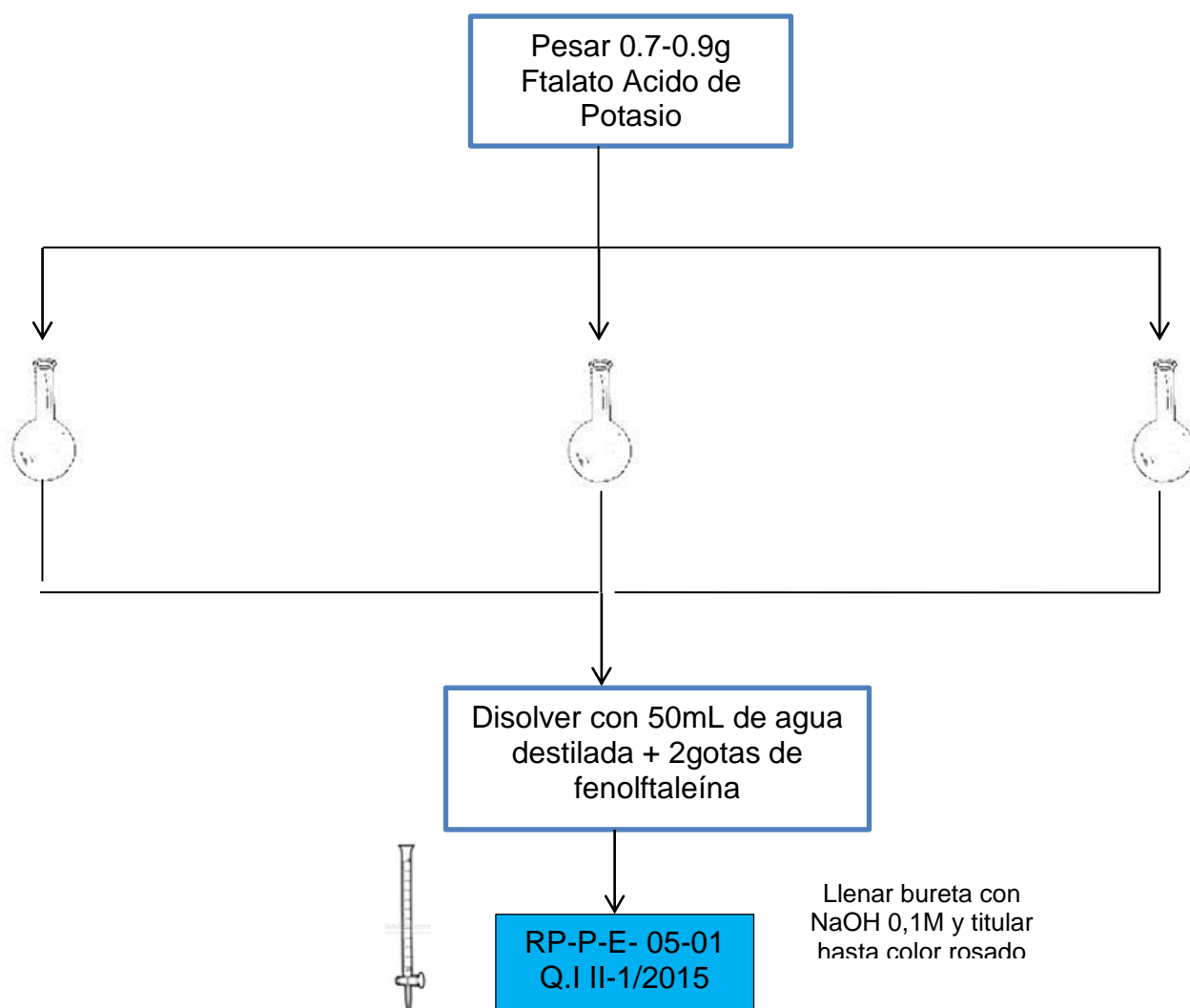
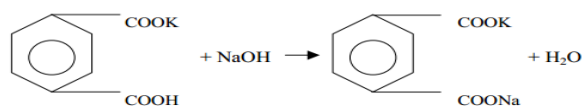


Figura 20. Diagrama de segregación. Experiencia 1, Práctica 5. Titulación Ácido-Base.

## Práctica 5. Titulaciones Ácido-Base

### Experiencia 2

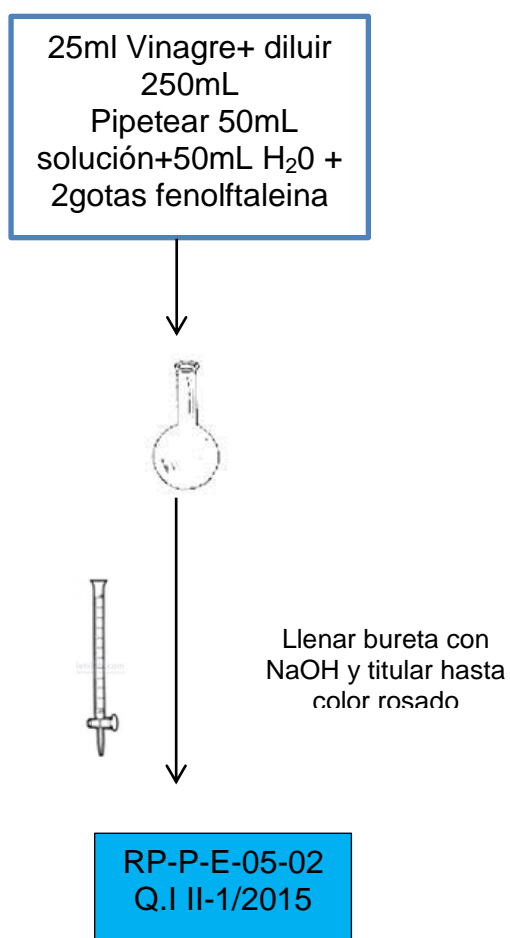
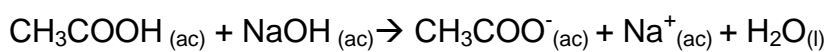


Figura 21. Diagrama de segregación. Experiencia 2, Práctica 5. Titulación Ácido-Base.

## Práctica 6 Gravimetría.

### Determinación de Níquel en muestra sintética.

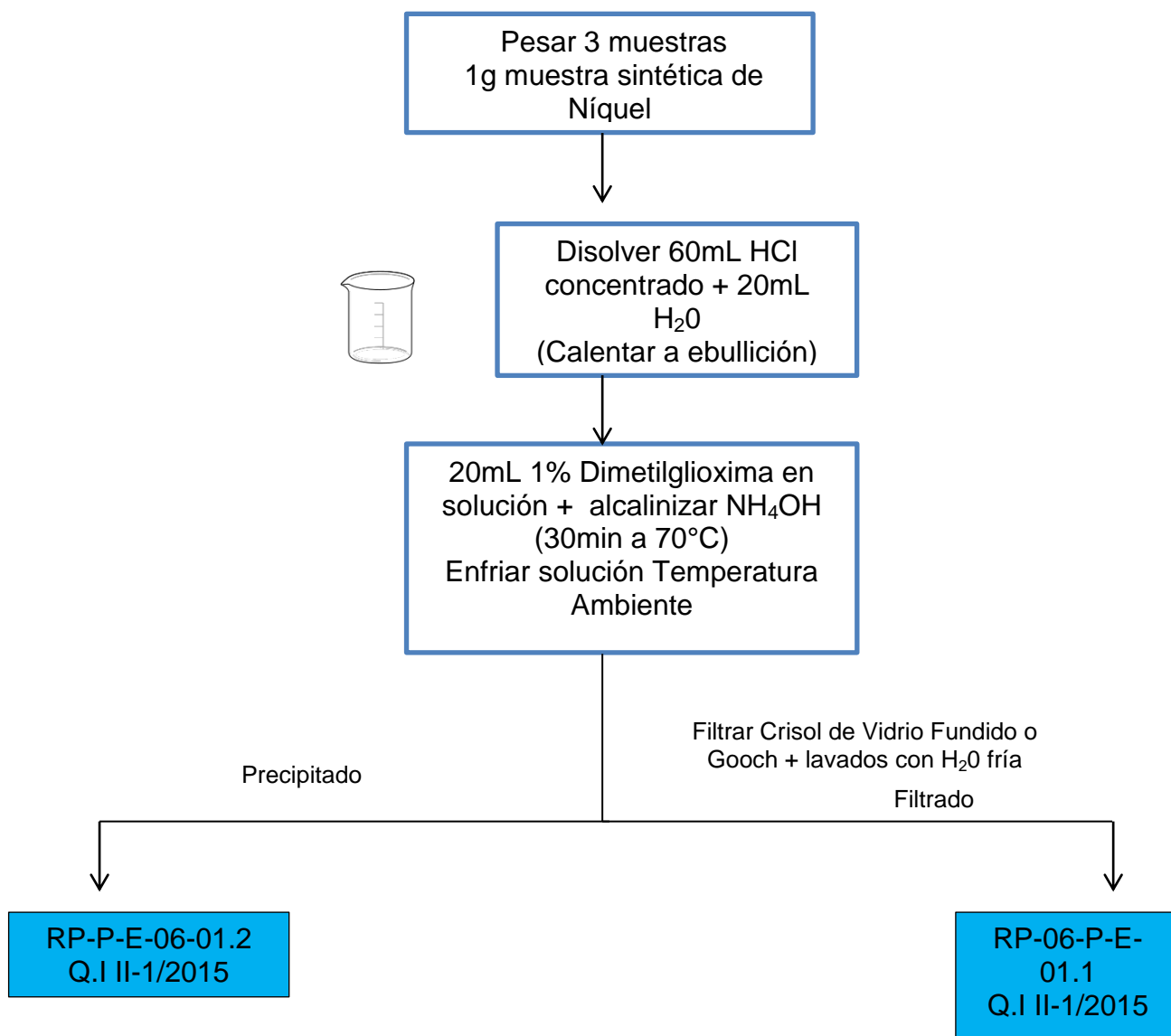
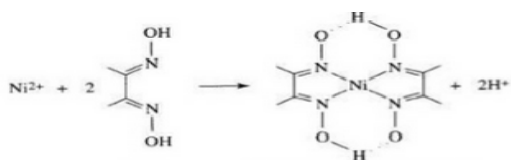


Figura 22. Diagrama de segregación determinación de Níquel, Práctica 6.  
Gravimetría.

## Práctica 6. Gravimetría.

### Determinación de sulfato en muestra sintética.

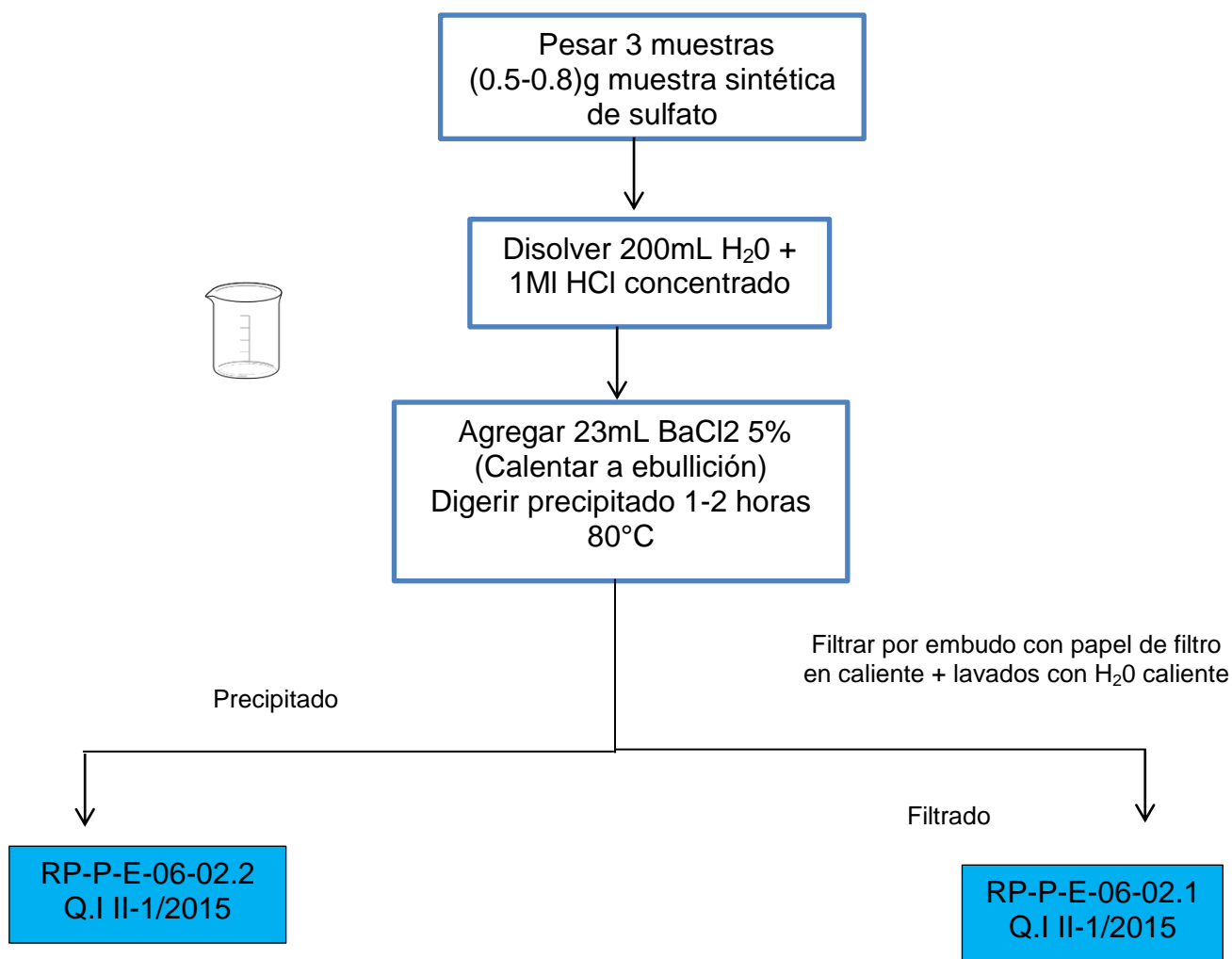
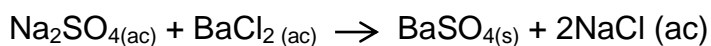


Figura 23. Diagrama de segregación determinación de sulfato, Práctica 6.  
Gravimetría.

## Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.

### Experiencia 1. Estandarización EDTA.

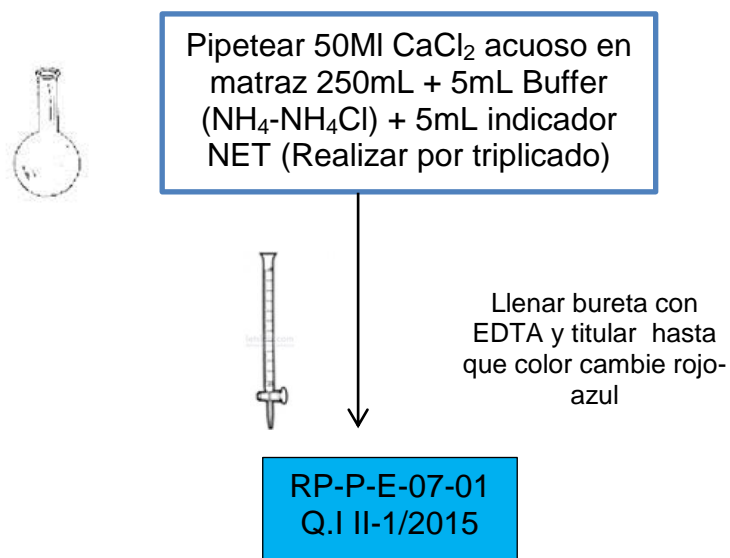
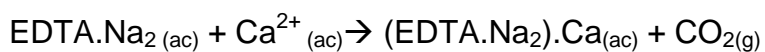


Figura 24. Diagrama de segregación experiencia 1, Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.

## Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.

### Experiencia 2. Dureza Cálctica.

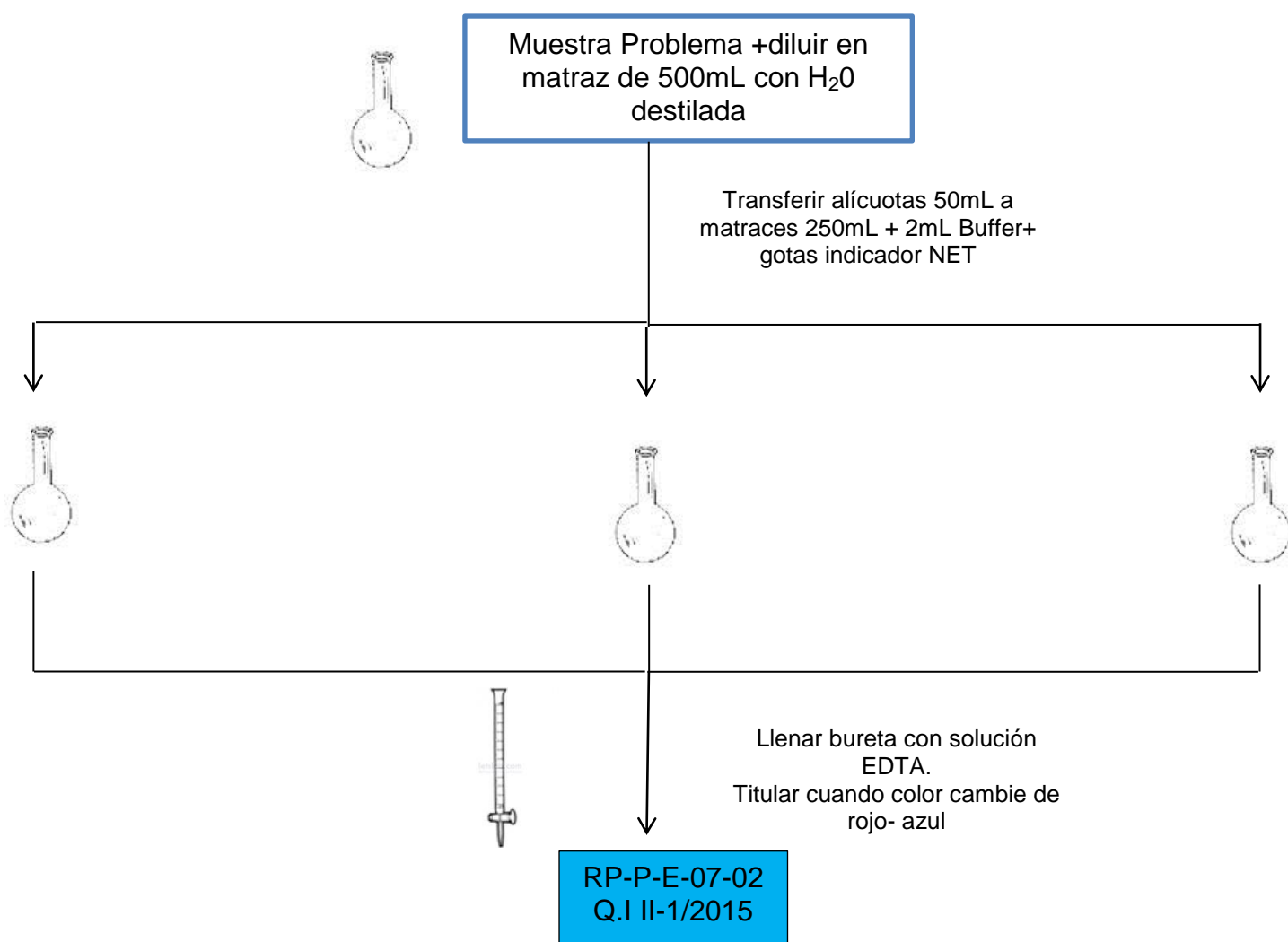
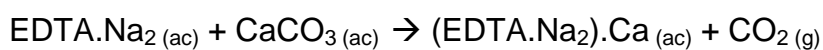


Figura 25. Diagrama de segregación experiencia 2, Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.

## Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.

### Experiencia 3. Dureza Total del agua.

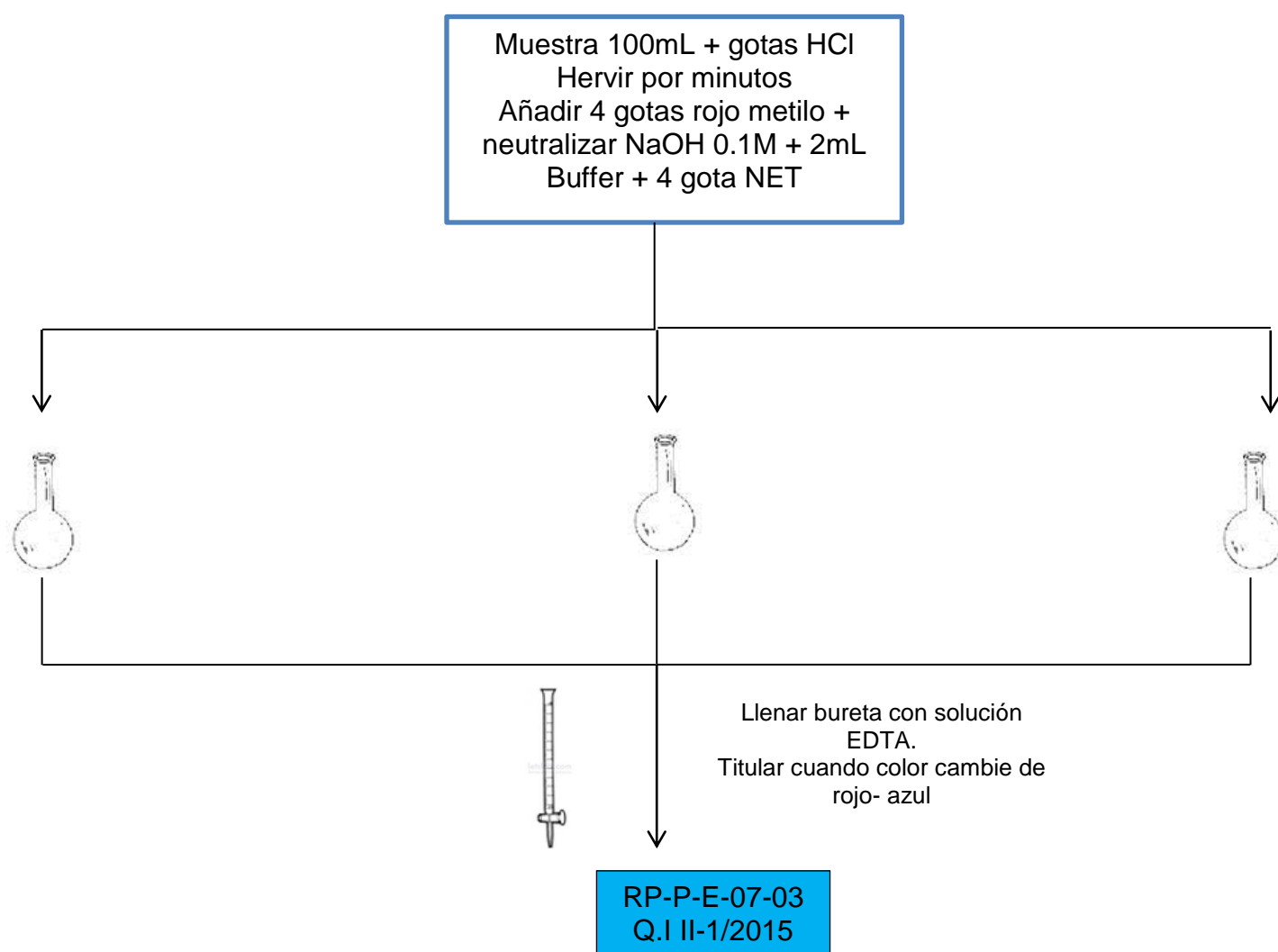
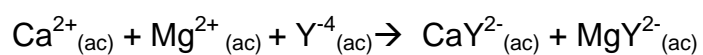


Figura 26. Diagrama de segregación experiencia 3, Práctica 7. Titulaciones Complejométricas.

### Práctica 8. Titulaciones Óxido-Reducción.

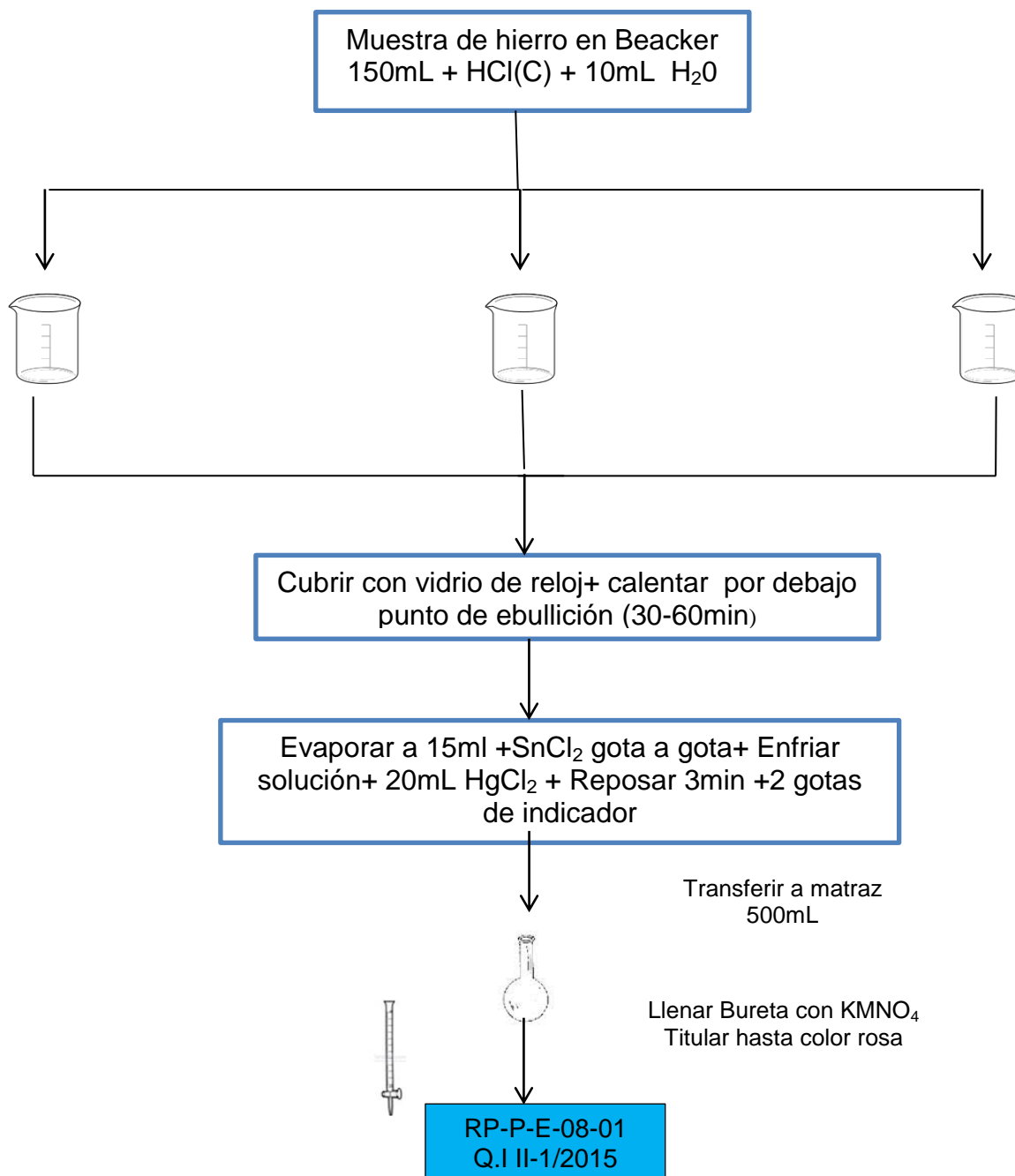
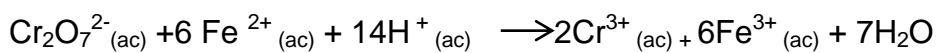
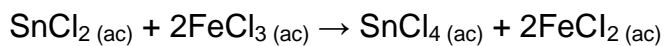


Figura 27. Diagrama de segregación, Práctica 8. Titulaciones Óxido-Reducción.

## Práctica 9. Potenciometría y Conductimetría.

### Experiencia 1. Estandarización NaOH.

#### Estandarización del NaOH

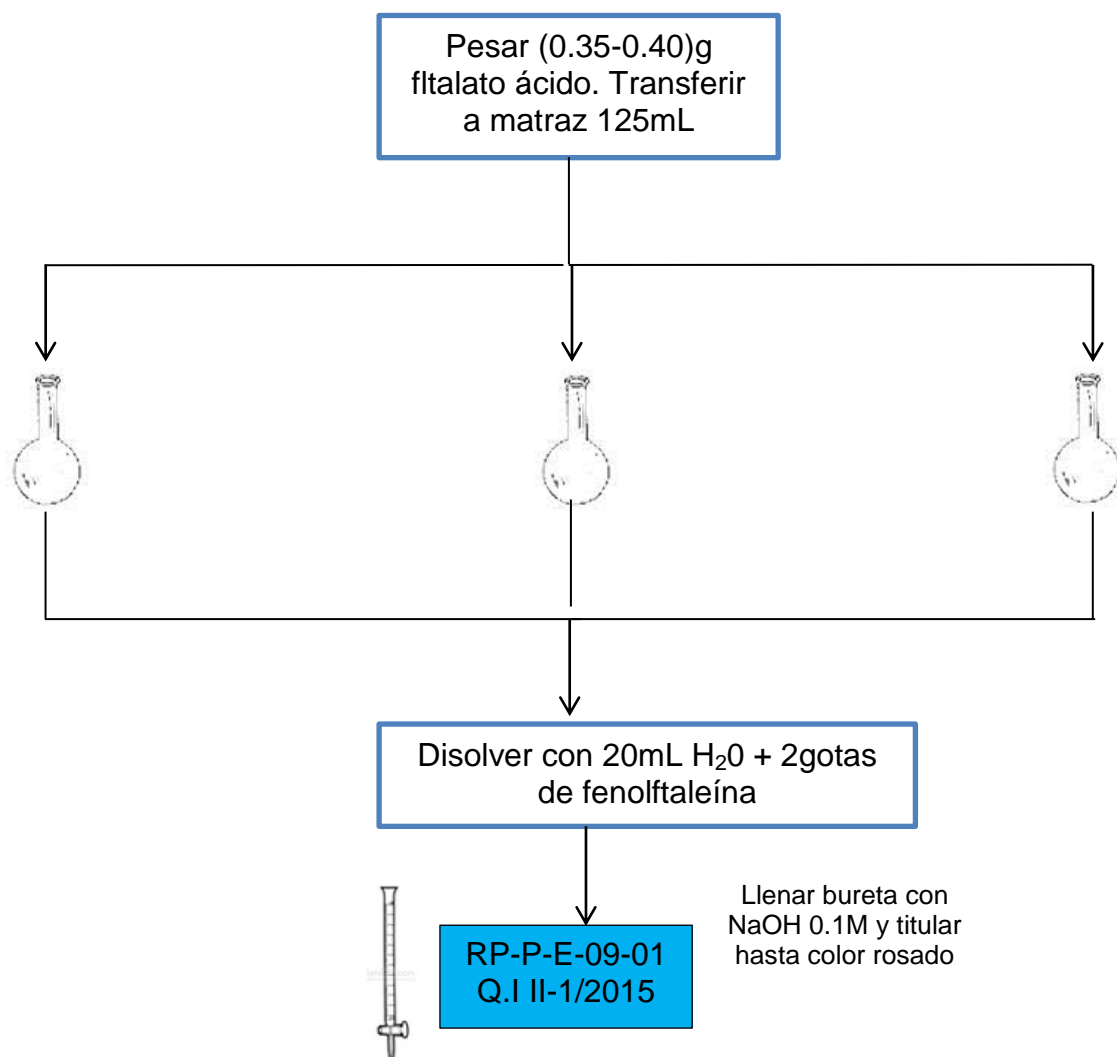
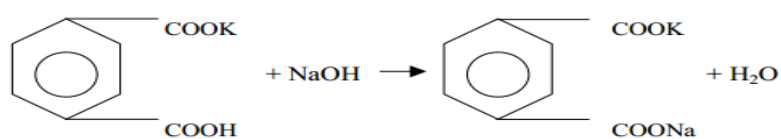


Figura 28. Diagrama de segregación experiencia, 1 Práctica 9. Potenciometría y Conductimetría.

## Práctica 9. Potenciometria y Conductimetria.

### Experiencia 2. Titulación Potenciometrica

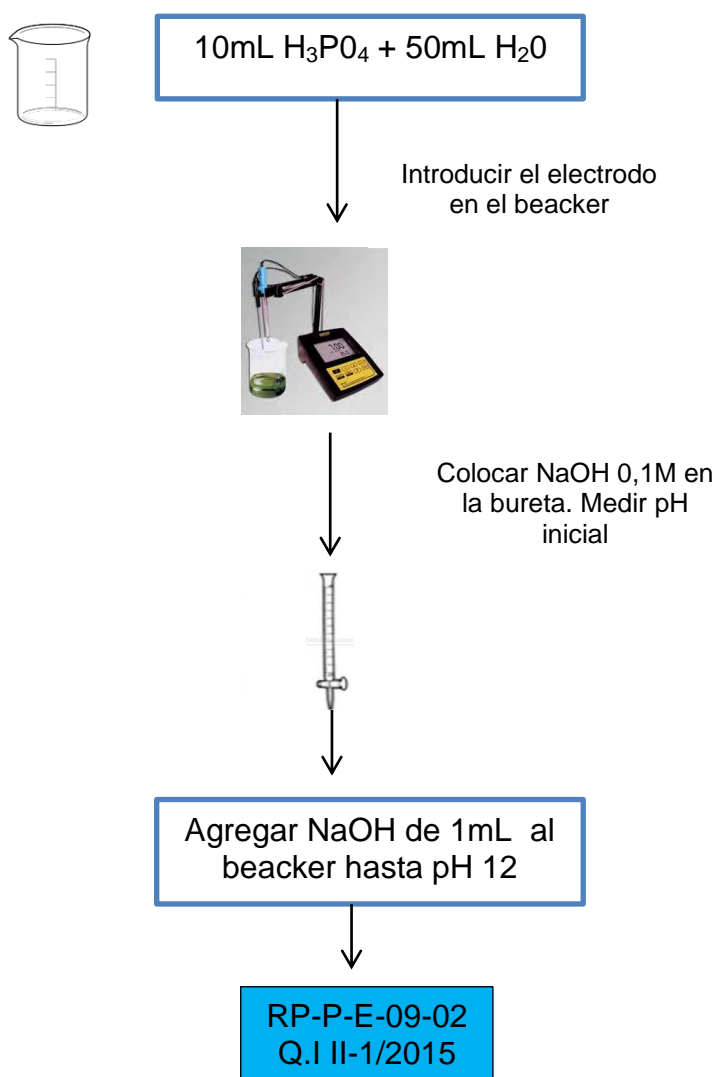
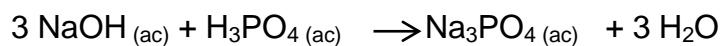


Figura 29. Diagrama de segregación experiencia, 2 Práctica 9. Potenciometria y Conductimetria.

**AN-6 DECRETO 883 <sup>(29)</sup>****SECCIÓN III de las descargas de cuerpos de agua.**

ARTICULO 10.- A los efectos de este Decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses:

<b>Parámetros Fisicoquímicos</b>	<b>Límites máximos o rangos</b>
Aceites minerales o hidrocarburos	20mg/l
Aceites, grasas vegetales y animales.	20mg/l
Alkil mercurio	No detectable.
Aldehídos	2mg/l
Aluminio total	5mg/l
Arsénico total	0,5mg/l
Bario total	5mg/l
Boro	5mg/l
Cadmio total	0,2mg/l
Cianuros total	0,2mg/l
Cloruros	1000mg/l
Cobalto total	0,5mg/l
Cobre total	1mg/l
Color real	500 unidades de Pt-Co
Cromo total	2mg/l

Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5,20</sub> )	60mg/l
Demanda química de oxígeno (DQO)	350mg/l
Detergentes	2mg/l
Dispersantes	2mg/l
Espuma	Ausente
Estaño	5mg/l
Fenoles	0,5mg/l
Fluoruros	5mg/l
Fosforo total (expresado como fosforo)	10mg/l
Hierro total	10mg/l
Manganeso total	2mg/l
Mercurio total	0,01mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40mg/l
Nitrilos + Nitratos (expresado como nitrógeno)	10mg/l
pH	6-9
Plata total	0,1mg/l
Plomo total	0,5mg/l
Selenio	0,05mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Sólidos suspendidos	80mg/l
Sólidos sedimentales	1mg/l
Sulfatos	1000mg/l

Sulfitos	2mg/l
Sulfuro	0,5mg/l
Zinc	5mg/l
Órganos fosforados y Carbamatos	0,25mg/l
Órgano clorados	0,05mg/l

Tabla 63. Decreto 883 Artículo 10 descargas de cuerpos de agua.

#### SECCION IV De las descargas al medio marino-costero.

ARTÍCULO 12.- Las descargas al medio marino-costero sólo podrán efectuarse en zonas donde se produzca mezcla rápida del vertido con el cuerpo receptor y cumplirán con los rangos y límites máximos establecidos en la siguiente lista:

Parámetros Físicoquímicos	Límites máximos o rangos
Aceites minerales o hidrocarburos	20mg/l
Aceites, grasas vegetales y animales.	20mg/l
Alkil mercurio	No detectable.
Aluminio total	5mg/l
Arsénico total	0,5mg/l
Bario total	5mg/l
Cadmio total	0,2mg/l
Cianuros total	0,2mg/l
Cobalto total	0,5mg/l
Cobre total	1mg/l

Color	500 unidades de Pt-Co
Cromo total	2mg/l
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5,20</sub> )	60mg/l
Demanda química de oxígeno (DQO)	350mg/l
Detergentes	2mg/l
Dispersantes	2mg/l
Espuma	Ausente
Fenoles	0,5mg/l
Fluoruros	5mg/l
Fosforo total (expresado como fosforo)	10mg/l
Mercurio total	0,01mg/l
Níquel total	2mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40mg/l
pH	6-9
Plata total	0,1mg/l
Plomo total	0,5mg/l
Selenio	0,2mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Sulfuro	2mg/l
Zinc	10mg/l
Órganos fosforados y Carbamatos	0,25mg/l
Órgano clorados	0,05mg/l

Tabla 64. Decreto 883 Artículo 12 descargas al medio marino y costero.

## SECCION V De la descarga a redes cloacales.

ARTÍCULO 15.- Los parámetros de calidad de los vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados a redes cloacales no deberán ser mayores de los rangos y límites permisibles establecidos en la siguiente lista:

<b>Parámetros Fisicoquímicos</b>	<b>Límites máximos o rangos</b>
Aceites minerales o hidrocarburos	20mg/l
Aceites, grasas vegetales y animales.	150mg/l
Alkil mercurio	No detectable.
Aluminio total	5mg/l
Arsénico total	0,5mg/l
Bario total	5mg/l
Cadmio total	0,2mg/l
Cianuros total	0,2mg/l
Cobalto total	0,5mg/l
Cobre total	1mg/l
Cromo total	2mg/l
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5,20</sub> )	350mg/l
Demanda química de oxígeno (DQO)	900mg/l
Detergentes	8mg/l
Dispersantes	8mg/l

Fenoles	0,5mg/l
Fosforo total (expresado como fosforo)	10mg/l
Hierro total	25mg/l
Manganeso total	10mg/l
Mercurio total	0,01mg/l
Níquel total	2mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40mg/l
pH	6-9
Plata total	0,1mg/l
Plomo total	0,5mg/l
Selenio	0,2mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Sólidos suspendidos	400mg/l
Sólidos totales	1600mg/l
Sulfatos	400mg/l
Sulfuro	2mg/l
Temperatura	40°C
Vanadio	5mg/l
Zinc	10mg/l
Órganos fosforados y Carbamatos	0,25mg/l
Órgano clorados	0,05mg/l

Tabla 65. Decreto 883 Artículo 15 descarga a redes cloacales.

**AN-7 Clasificación de Incompatibilidades Química según la Organización  
Marítima Internacional (OMI).<sup>(77)</sup>**

Clase														
ONU/ IMDG	<u>1.-</u>	<u>2.1</u>	<u>2.2</u>	<u>2.3</u>	<u>3.1</u>	<u>4.1</u>	<u>4.2</u>	<u>4.3</u>	<u>5.1</u>	<u>5.2</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>
<u>1.-</u>	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Red	Yellow
<u>2.1</u>	Red	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
<u>2.2</u>	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
<u>2.3</u>	Red	Yellow	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
<u>3.1</u>	Red	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
<u>4.1</u>	Red	Green	Yellow	Red	Yellow	Green	Green	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
<u>4.2</u>	Red	Yellow	Green	Red	Yellow	Green	Green	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
<u>4.3</u>	Red	Green	Yellow	Red	Yellow	Green	Green	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
<u>5.1</u>	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
<u>5.2</u>	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
<u>6</u>	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow
<u>7</u>	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
<u>8</u>	Red	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
<u>9</u>	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
<u>1.-</u>	Corresponde a la clase EXPLOSIVOS. Su almacenamiento depende de las incompatibilidades específicas													
	Green: Pueden almacenarse juntos													
	Yellow: Precaución. Revisar incompatibilidades individuales													
	Red: Pueden requerirse almacenes separados. Son incompatibles.													

Figura 30. Tabla de incompatibilidades químicas según la OMI.<sup>(77)</sup>

**AN-8 Reporte de análisis entregado por el Instituto de Ciencias de la Tierra (ICT), Facultad de Ciencias, UCV**



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA



APTDO. 3895, CARACAS 1010-A, TEL: 58-212-6051021-1020, FAX: 58-212-605.1152 email: ictdir@strix.ciens.ucv.ve

Caracas 12 de Mayo de 2014

CLIENTE: Prof. Soraya Taboada

### Reporte de Análisis

Muestra(s): Solidas y soluciones varias

Nº de Muestras: 13

### RESULTADOS

*Tabla 1: Ni, muestras sólido de Ni(OH)<sub>2</sub>*

Muestra	% Pureza Ni(OH) <sub>2</sub>	Ni (mg/Kg)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/Kg)	OH <sup>-</sup> (mol/l)
M-1 Ni(OH) <sub>2</sub>	52,64 ± 0,11	333334 ± 2184	12403 ± 97	ND
M-2 Ni(OH) <sub>2</sub>	57,06 ± 0,11	361323 ± 2184	10839 ± 97	ND
M-3 Ni(OH) <sub>2</sub>	43,69 ± 0,11	276666 ± 2184	14600 ± 97	ND

- Técnica analítica: Determinación de Ni por absorción atómica y Sulfato mediante Cromatografía Iónica.
- Método de digestión: Ataque acido del solido con HCl, filtrado y llevado a 100 ml la solución resultante.
- Determinación de Hidroxilo soluble: La determinación de la función OH<sup>-</sup> no se llevo a cabo ya que no es posible detectar el viraje del indicador.



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA



APTDO. 3895, CARACAS 1010-A, TEL: 58-212-6051021-1020, FAX: 58-212-605.1152 email: icdir@strux.ciens.ucv.ve

**Tabla 2: Residuos de filtración  $Ni(OH)_2$**

Muestra	Ni (mg/l)	$OH^-$ (Mol/l)	$SO_4^{2-}$ (mg/l)	$NO_3^-$ (mg/l)	$Ba^{+2}$ (mg/l)
M-1	< 1,0	$2,162 \times 10^{-4}$ $\pm 0,040 \times 10^{-4}$	27257 $\pm 158$	$29,76 \pm 0,27$	$46,50 \pm 0,30$
M-2	< 1,0	$1,658 \times 10^{-2}$ $\pm 0,030 \times 10^{-2}$	38831 $\pm 158$	$15,61 \pm 0,27$	$51,20 \pm 0,30$
M-3	< 1,0	$1,171 \times 10^{-2}$ $\pm 0,030 \times 10^{-2}$	47395 $\pm 158$	$55,29 \pm 0,27$	$167,80 \pm 0,30$

- Técnica analítica:
  - Determinación de Ni y Ba: Absorción atómica.
  - Sulfato y Nitrato: Cromatografía Iónica.
  - Hidroxilos: Titulación ácido-base.
- Método de digestión: Sin tratamiento previo.

**Tabla 3: Residuos de neutralizado**

Muestra	$SO_4^{2-}$ (mg/l)	$NO_3^-$ (mg/l)	Ni (mg/l)	Ba (mg/l)
M-1	ND	ND	< 1,0	$3945 \pm 28$
M-2	ND	ND	< 1,0	$8470 \pm 28$
M-3	ND	ND	< 1,0	$7360 \pm 28$

- ND: No determinado, en estas soluciones la cantidad de Cloruro provoca un aumento de línea base, por lo que no se puede determinar estos iones a los niveles de concentración presentes en la muestra.
- Técnica analítica:
  - Determinación de Ni: Absorción atómica.
  - Sulfato y Nitrato: Cromatografía Iónica.
- Método de digestión: Sin tratamiento previo.

★ Este residuo en particular no contenía iones bario en solución ya que no se había realizado la agregación de la solución de  $BaCl_2$  20%, es decir, que pudiesen haber contaminado la muestra.



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA



APTDO. 3895, CARACAS 1010-A, TEL: 58-212-6051021-1020, FAX: 58-212-605.1152 email: ictdir@icti.ciens.ucv.ve

**Tabla 4: Muestra solida de Ni(DMG)<sub>2</sub>**

Muestra	% Pureza Ni(DMG) <sub>2</sub>	Ni (mg/Kg)
Ni(DMG) <sub>2</sub>	96,20 ± 0,98	195486 ± 1005

- Técnica analítica: Determinación de Ni por absorción atómica
- Método de digestión: Ataque acido del solido con HCl, filtrado y llevado a 100 ml la solución resultante.

**Tabla 5: Muestra solida de BaSO<sub>4</sub>**

Muestra	% Pureza BaSO <sub>4</sub>	Ba (mg/Kg)
M-1 BaSO <sub>4</sub>	4,05 ± 0,05	23847 ± 196
M-2 BaSO <sub>4</sub>	3,37 ± 0,05	19850 ± 196
M-3 BaSO <sub>4</sub>	3,78 ± 0,05	22213 ± 196

- Técnica analítica: Determinación de Ba por absorción atómica
- Método de digestión: Ataque acido del solido con Acido Sulfúrico concentrado, la disolución de la muestra no se logro de forma completa, se analizo la solución filtrada de la digestión.



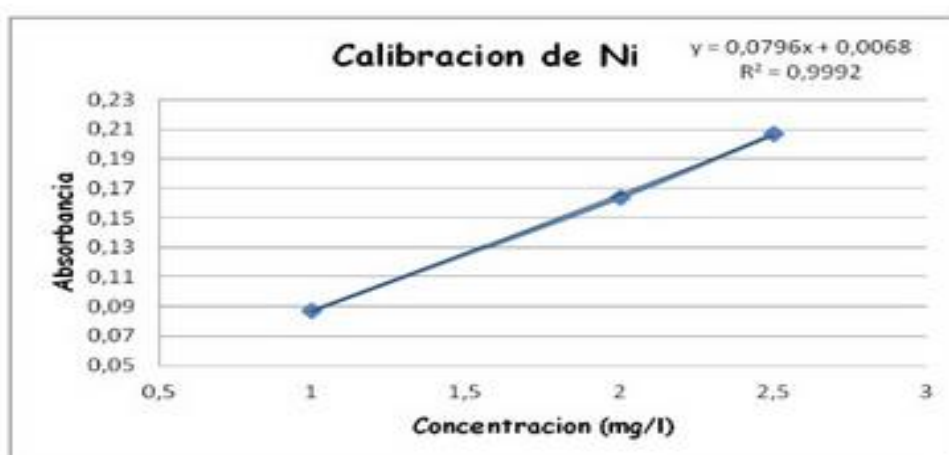
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA



APTDO. 3895, CARACAS 1010-A, TEL: 58-212-6051021-1020, FAX: 58-212-605.1152 email: icdir@sbtx.ciens.ucv.ve

## Anexos

- Longitudes de onda de absorción y slit:
  - Ni: 232,0 nm / 0,2 slit
  - Ba: 553,6 nm / 0,2 slit
- Grafico 1: Curva de calibración de Ni



- Grafico 2: Curva de calibración de Ba



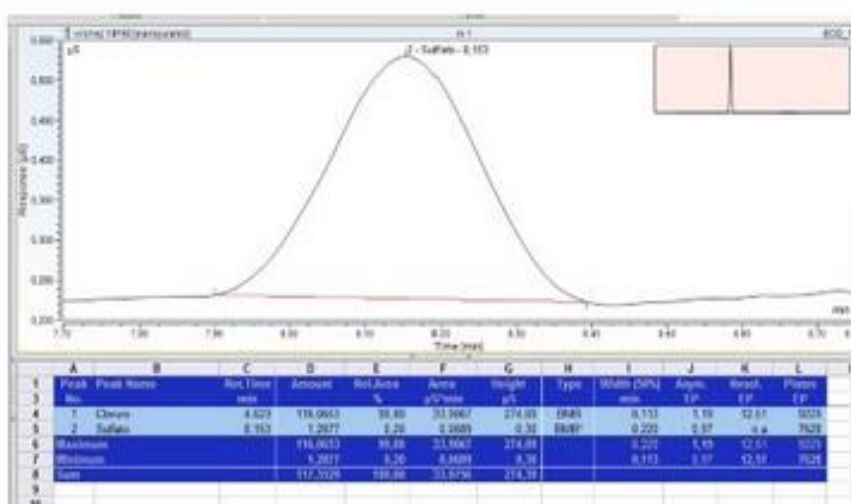


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

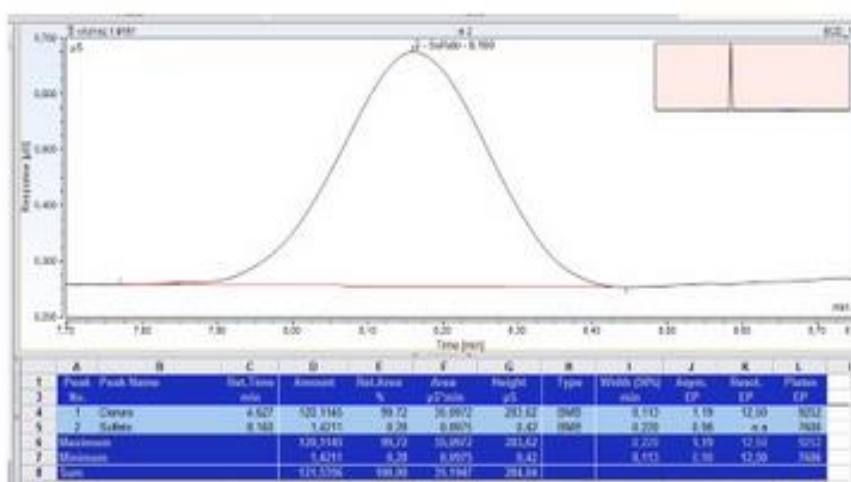


APTDO. 3895, CARACAS 1010-A, TEL: 58-212-6051021-1020, FAX: 58-212-605.1152 email: icdir@ibrx.ciens.ucv.ve

- Grafico 2: Cromatogramas de  $\text{SO}_4^{2-}$ , muestras de  $\text{Ni}(\text{OH})_2$



Muestra #1



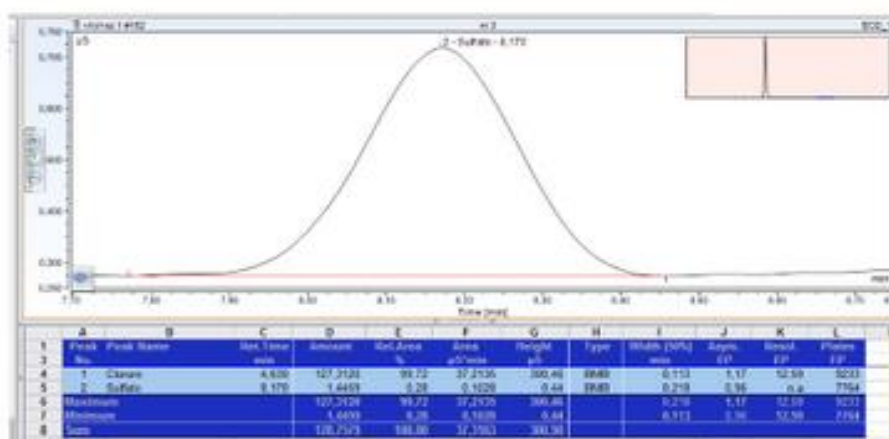
Muestra #2



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA



APTDO. 3895, CARACAS 1010-A, TEL: 58-212-6051021-1020, FAX: 58-212-605.1152 email: ictdr@sbix.ciens.ucv.ve



#### Muestra #2

Nota : Los tiempos de retención de las señales para las muestras de residuo de filtración, muestran reproducibilidad en el tiempo de retención, comparado con las demás muestras y patrones.

- Equipos
  - Cromatografo Iónico: DIONEX ICS-200.
    - Flujo: 1ml/min.
    - Detector: Conductividad.
    - Columna: Aniónica, 150 mm.
    - Inyección: 20  $\mu$ l.
  - Equipo de Absorción Atómica AAnalys 200.
    - Lámpara: Cátodo hueco.
    - Nebulizador: Flujo cruzado.
    -

Luis Vilchez  
Técnico del Laboratorio de ICP

Dirección: Instituto de ciencias de la Tierra, laboratorio de Cromatografía gaseosa, Piso 2, Facultad de ciencias UCV. Teléfono: 6051565 / 6051020





