

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“GESTION DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS
PELIGROSOS GENERADOS EN PRACTICAS DE
LABORATORIO DE QUIMICA INORGANICA Y
QUIMICA ANALITICA DE LA ESCUELA DE
INGENIERIA QUÍMICA”**

PRESENTADO POR:

IRVING ALEXANDER SANTANA HERNÁNDEZ

WILFREDO EVENOR VELÁSQUEZ MEJÍA

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2010.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DIRECTOR :

ING. FERNANDO TEODORO RAMÍREZ ZELAYA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO QUÍMICO

Título :

**“GESTION DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS
PELIGROSOS GENERADOS EN PRACTICAS DE
LABORATORIO DE QUIMICA INORGANICA Y
QUIMICA ANALITICA DE LA ESCUELA DE
INGENIERIA QUÍMICA”**

Presentado por :

IRVING ALEXANDER SANTANA HERNÁNDEZ

WILFREDO EVENOR VELÁSQUEZ MEJÍA

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Directora :

ING. ANA CECILIA DÍAZ DE FLAMENCO

San Salvador, Octubre de 2010.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Directora :

ING. ANA CECILIA DÍAZ DE FLAMENCO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en general a DIOS por haberme dado la vida y la oportunidad de culminar mis estudios, a toda mi familia en general (mamá, papá, abuelita, hermanos, etc.) que gracias a su ayuda, apoyo y consejos he podido lograr todas las metas que me he propuesto, a mis amigos por su apoyo, fidelidad y alegrías y por último a mis maestros por los conocimientos que cimentaron bases para que cada día creciera profesionalmente.

Irving Alexander Santana Hernández

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la culminación de mi carrera profesional a DIOS padre a nuestro hermano JESUCRISTO a nuestra madre celestial la VIRGEN MARIA por estar siempre al lado de todos y cada uno de mis compañeros de estudio, amigos y docentes, desde el primer instante en que decidimos navegar por el mar del conocimiento, agradezco a mi padre terrenal Leopoldo Evenor Velásquez Ventura que con su temperamento, templanza y determinación para vivir la vida me ha enseñado que con sacrificio se llega lejos, a mi madre terrenal María Dolores de Velásquez que con sus dulces palabras y oraciones piadosas me llenó de fortaleza en los momentos mas difíciles, a mis hermanos Enrique, Karla y Alexander Velásquez que siempre han estado a mi lado ayudándome con sus sinceros consejos, a mis bellos abuelos Cristóbal Mejía e Isabel Baires de Mejía que con su sencilla forma de vivir la vida, humildad y sabiduría para resolver problemas me enseñaron que en la vida se vive el instante se aprende de ella para no cometer errores en el futuro, a mis dos mejores amigas Karla Chávez y Alejandra Polanco, a mis mejores amigos y compañeros Edenilson Rivas, Erick Domínguez, Jimmy Gómez, Ronald Umaña, Pavel Murga, Fernando Arteaga, Patricia Alvarado que nos ayudamos mutuamente en el estudio y demás aspectos de la vida.

En especial mención a la licenciada Xochilt de Villatoro que siempre me dió ánimos para seguir estudiando, a las ingenieras Delmy Rico Peña, Eugenia Gamero, Sara Orellana, al ingeniero Juan Ramírez, profesor y amigo agradezco todos sus momentos de atención y conocimiento.

Wilfredo Velásquez.

RESUMEN

Los desechos producidos en los laboratorios requieren de mucha atención, ya que poseen características de peligrosidad que obligan a manejarlos cuidadosamente bajo normas de manejo seguro de sustancias peligrosas y siguiendo las recomendaciones de la normativas ambientales vigentes. La gestión inadecuada de este tipo de materiales constituye un alto riesgo, añadido a los propios de la actividad del laboratorio con fines puramente académicos.

Se recopila una serie de nociones básicas sobre seguridad y los riesgos que conlleva el trabajo en un laboratorio.

Se desarrollaron prácticas de laboratorio de las asignaturas Química Analítica y Química Inorgánica con el objetivo de poder implementar las técnicas de reducción, manejo, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos, como una alternativa para la solución al problema antes mencionado.

Por lo tanto, resulta necesario incluir un programa de gestión de desechos que proponga una alternativa para tratar los desechos generados en los laboratorios académicos de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de El Salvador, de tal manera que sirvan en alguna medida para minimizar los impactos que se producen debido a una inadecuada gestión de los desechos que se generan en las prácticas de laboratorio.

ÍNDICE TEMÁTICO.

Contenido

1.	FUNDAMENTOS SOBRE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.....	1
1.1.	HISTORIA DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.....	1
1.2.	CONCEPTOS BÁSICOS.....	3
1.2.1.	¿QUE ES GESTIÓN AMBIENTAL?	3
1.2.2.	GESTIÓN DE DESECHOS GENERADOS EN EL LABORATORIO.	3
1.2.3.	¿QUE ES UN RESIDUO?.....	4
1.2.3.1.	TIPOS DE RESIDUOS.	5
1.2.3.1.1.	CLASIFICACIÓN GENERAL.	5
1.2.4.	¿QUE ES UN RESIDUO PELIGROSO?.....	6
1.2.5.	¿QUE ES UN DESECHO?	6
1.2.6.	¿QUE ES UN DESECHO PELIGROSO?.....	7
1.2.7.	MANEJO AMBIENTAL RACIONAL DE LOS DESECHOS PELIGROSOS. .	7
1.3.	CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS DESECHOS PELIGROSOS.....	7
1.3.1.	Sustancias Explosivas:.....	7
1.3.2.	Gases:.....	8
1.3.3.	Líquidos Inflamables:.....	9
1.3.4.	Sólidos inflamables:	9
1.3.5.	Sustancias infecciosas:	10
1.3.6.	Sustancias corrosivas:.....	10
1.3.7.	Sustancia tóxica:	11
1.3.8.	Sustancia crónica:	11
1.3.9.	Sustancias reactivas:.....	11
1.3.10.	Sustancia radioactiva:.....	12
1.3.11.	Sustancia orgánica:.....	12
1.3.12.	Sustancia inorgánica:	12
1.4.	PROGRAMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS.....	14

1.5. MANEJO, PREVENCIÓN, ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.....	16
1.5.1. ¿CÓMO SE LOGRA EL MANEJO SEGURO DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS PARA PREVENIR SUS RIESGOS?.....	16
1.5.1.1. GESTIÓN PARA MANEJO DE DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS EN EL LUGAR DE ORIGEN.....	17
1.5.2. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS.....	18
1.5.2.1. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.....	18
1.5.2.2. EL PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.....	20
1.5.2.3. MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS.....	20
1.5.3. ALMACENAMIENTO DE DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS.....	21
1.5.4. TRATAMIENTO DE DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS.....	23
1.5.5. DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS PELIGROSOS.....	24
2. MARCO LEGAL EN MATERIA DE SUSTANCIAS, RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.....	27
2.1. MARCO LEGAL EN EL SALVADOR.....	28
2.1.1. GESTIÓN AMBIENTAL Y PLANES DE CONTINGENCIA.....	29
2.1.2. MARCO LEGAL RESPECTO A LA PREVENCIÓN.....	32
2.1.3. MARCO LEGAL RESPECTO AL MANEJO, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL.....	36
2.1.4. NORMA DE AGUAS RESIDUALES, DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.....	43
2.1.5. LAS ISO 14000.....	43
2.1.6. INCENTIVOS Y DESINCENTIVOS AMBIENTALES.....	46
2.1.7. PREMIO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE.....	48
2.2. ACUERDOS INTERNACIONALES.....	50
2.2.1. ACUERDO REGIONAL SOBRE EL MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO DE DESECHOS PELIGROSOS.....	50
2.2.2. CONVENIO DE BASILEA.....	57
3. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS EN LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.....	63

3.1. ÁREA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	63
3.2. REACTIVOS ALMACENADOS EN LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.	64
3.3. INVENTARIO DE LOS REACTIVOS EN DESUSO Y PROHIBIDOS POR LA LEGISLACIÓN SALVADOREÑA.....	64
3.3.1. LISTADO DE SUSTANCIAS REGULADAS: SUSTANCIAS PELIGROSAS QUE PARA SU IMPORTACIÓN Y TRANSPORTE NO REQUIEREN ELABORAR ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL”	66
3.3.2. LISTADO DE SUSTANCIAS QUE PARA SU IMPORTACIÓN Y TRANSPORTE NO REQUIEREN PRESENTAR DOCUMENTACIÓN AMBIENTAL AL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN), PERO REQUIEREN DE PERMISO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG).....	67
3.3.3. LISTADO DE SUSTANCIAS QUE ESTÁ PROHIBIDA SU IMPORTACIÓN.....	68
3.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS ALMACENADOS EN LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.....	69
3.5. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE DESECHOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS QUÍMICOS.....	71
3.5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS.....	71
3.5.1.1. GRUPO I: DISOLVENTES HALOGENADOS.....	71
3.5.1.2. GRUPO II: DISOLVENTES NO HALOGENADOS.	72
3.5.1.3. GRUPO III: DISOLUCIONES ACUOSAS.....	73
3.5.1.4. GRUPO IV: ÁCIDOS.....	73
3.5.1.5. GRUPO V: ACEITES.....	74
3.5.1.6. GRUPO VI: SÓLIDOS.	74
3.5.1.7. GRUPO VII: ESPECIALES.	75
4. ELEMENTOS A TOMAR EN CUENTA PARA LA GESTIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS.....	76
4.1. TÉCNICAS DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO PARA DESECHOS PELIGROSOS.	76
4.1.1. TIPOS DE ENVASES PARA RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO.	77

4.1.2.	ETIQUETADO E IDENTIFICACIÓN DE LOS ENVASES CONTENIENDO DESECHOS.	81
4.1.3.	ALMACENAMIENTO DE DESECHOS QUÍMICOS PELIGROSOS.	84
4.1.3.1.	CONDICIONES, CANTIDADES Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO. .	86
4.1.3.1.1.	ALMACENAMIENTO A CORTO PLAZO.	88
4.1.3.1.2.	ALMACENAMIENTO A LARGO PLAZO.....	88
4.1.4.	RECOGIDA DE DESECHOS QUÍMICOS PELIGROSOS.....	89
4.1.5.	NORMAS GENERALES DE MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE DESECHOS QUÍMICOS PELIGROSOS.....	89
4.1.6.	DISEÑO DE LAS ÁREAS DE TRABAJO Y ALMACENAMIENTO EN LABORATORIOS QUÍMICOS.....	91
4.1.7.	TIPOS DE ESTANTES PARA EL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	93
4.1.8.	ACTUACIONES EN CASO DE DERRAME DE UN DESECHO QUÍMICO PELIGROSO.	93
4.1.9.	ALMACENAMIENTO ADECUADO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS PRESENTES EN LOS LABORATORIOS.	94
4.1.9.1.	INCOMPATIBILIDAD QUÍMICA ENTRE SUSTANCIAS.....	95
4.1.9.2.	CÓDIGO NFPA 704 (National Fire Protection Association).....	107
4.1.9.3.	CÓDIGO INTERNACIONAL J T BAKER.....	109
4.1.9.4.	VIÑETA PARA IDENTIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.	112
4.2.	TÉCNICAS DE MINIMIZACIÓN PARA DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS.	113
4.2.1.	REDUCCIÓN EN LA FUENTE.....	113
4.2.1.1.	Cambio de reactivos.	114
4.2.1.2.	Disminuir los volúmenes de reactivos químicos usados en los análisis.....	114
4.2.1.3.	Cambios de procedimientos y operación.	115
4.2.2.	REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE.	116
4.3.	TÉCNICAS DE TRATAMIENTO PARA DESECHOS PELIGROSOS.	116

4.3.1.	PROCEDIMIENTOS DE TRATAMIENTO PREVIO A LA ELIMINACIÓN O RECICLAJE DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS.	118
4.3.1.1.	Oxidación- Reducción.....	118
4.3.1.1.1.	Oxidación con peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂).	118
4.3.1.1.2.	Oxidación con KMnO ₄	119
4.3.1.1.3.	Oxidación con Ozono.....	119
4.3.1.2.	Neutralización.	120
4.3.1.3.	Catálisis	120
4.3.1.4.	Procesos de Estabilización/Solidificación Utilizados para el Tratamiento de Desechos Peligrosos.....	120
4.3.1.4.1.	Clasificación de los Procesos de Estabilización-Solidificación.....	122
4.3.1.5.	Inertización.	123
4.3.1.6.	Incineración.	123
4.3.1.7.	Co-procesamiento en hornos de cemento	124
4.4.	TÉCNICAS DE DISPOSICIÓN FINAL PARA DESECHOS PELIGROSOS.	125
4.5.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL PARA USO EN LABORATORIOS QUÍMICOS.	128
4.6.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA PARA LABORATORIOS QUÍMICOS.	137
4.7.	SEÑALIZACIÓN ADECUADA PARA LABORATORIOS QUÍMICOS.	143
4.8.	GESTIÓN DE SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS.....	146
4.8.1.	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LABORATORIOS QUÍMICOS.	146
4.8.1.1.	MAPAS DE RIESGO.	147
a.	Caracterización del lugar.	147
b.	Valoración de los riesgos	150
c.	Diagrama del laboratorio y del proceso.....	152
d.	Ubicación de los riesgos	152
e.	Representación Gráfica de los riesgos.....	153
f.	Recomendaciones e información de cada riesgo encontrado.	157

5. PROPUESTA PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.....	160
5.1. PROPUESTA DE INFORMACIÓN AL PERSONAL QUE USA LAS INSTALACIONES.....	161
5.2. PROPUESTA DEL DISEÑO DE LAS ÁREAS DE TRABAJO Y ALMACENAMIENTO.....	162
5.3. PROPUESTA DE TIPOS DE ESTANTES PARA EL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	163
5.4. PROPUESTA DE ALMACENAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS Y DESECHOS PELIGROSOS.....	165
5.5. PROPUESTA DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	168
5.6. PROPUESTA DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.....	170
5.7. PROPUESTA DE LA GESTIÓN DE SEGURIDAD.....	174
5.8. GESTIÓN PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LAS ASIGNATURAS DE QUÍMICA ANALÍTICA Y QUÍMICA INORGÁNICA.....	175
5.8.1. APLICACIÓN DE TITULACIONES DE PRECIPITACIÓN. DETERMINACIÓN DE CLORUROS. MÉTODO DE MOHR.....	175
5.8.2. "DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN LECHE. MÉTODO DE VOLHARD. MÉTODO INDIRECTO O POR RETROCESO".....	184
5.8.3. APLICACIÓN DE MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS, ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO DE SULFATOS.....	193
5.8.4. TITULACIONES CON FORMACIÓN DE COMPLEJOS. DETERMINACIÓN DE DUREZA EN AGUA.....	200
5.8.5. PRÁCTICA DE METALES ALCALINOTÉRREOS.....	208
5.9. RUTA DE PROCESO GENERAL PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	212
5.10. INVERSIÓN EN EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO PARA UN MANEJO ADECUADO EN LA GESTIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASINATURAS QUIMICA ANALITICA Y QUIMICA INORGANICA.....	214
RECOMENDACIONES.....	216
CONCLUSIONES.....	217

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	218
---------------------------------	-----

ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO 1.....	221
INVENTARIO DE REACTIVOS	221
ANEXO 2.....	230
TABLAS DE TRATAMIENTOS DE DESECHOS PELIGROSOS.....	230
ANEXO 3.....	232
CÁLCULOS PRÁCTICA DE MOHR.....	232
ANEXO 4.....	233
DESARROLLO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN DE PLATA Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA.....	233
ANEXO 5.....	241
CÁLCULOS PRÁCTICA DE VOLHARD.....	241
ANEXO 6.....	243
CÁLCULOS PRÁCTICA ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO DE SULFATOS.....	243
ANEXO 7.....	244
CALCULOS DE LA PRÁCTICA DETERMINACION DE DUREZA.	244
ANEXO 8.....	247
BITÁCORA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE DESECHOS GENERADOS.....	247

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 3.1: Desechos almacenados, productos de prácticas de laboratorio y trabajos de graduación.....	70
Figura 4.1 Bidones para líquidos.....	80
Figura 4.2 Contenedores para sólidos.....	80
Figura 4.3 Contenedores para agujas/puntas.	80
Figura 4.4 Contenedor para vidrio.....	80
Figura 4.5 Contenedores p/basura.....	81
Figura 4.6 Pictogramas para identificar los residuos químicos peligrosos.....	82
Figura 4.7. Etiqueta identificativa para los desechos generados.....	84
Figura 4.8: Rombo del código NFPA.....	108
Figura 4.9: Ejemplo de un rombo NFPA incluyendo grados de peligrosidad.	108
Figura 4.10: Resumen de los niveles de peligrosidad del código NFPA.....	109
Figura 4.11: Códigos para la información.....	109
Figura 4.12: Viñeta propuesta para la codificación y posterior ordenamiento de las sustancias químicas.....	113
Figura 4.13: Gafas Protectoras.....	130
Figura 4.14: Mascarilla con filtro de gases combinado.....	132
Figura 4.15: Vitrina extractora de gases.....	138
Figura 4.16: Campanas extractoras localizadas.....	140
Figura 4.17: Lavajojos	141
Figura 4.18: Ducha de seguridad.....	141
Figura 4.19: Extintores y mangueras contra incendio.....	142
Figura 4.20: Esquema de señalización de advertencia	143
Figura 4.21: Esquema de señalización de prohibición	144
Figura 4.22: Esquema de señalización de obligación.....	144
Figura 4.23: Esquema de señalización de salvamento y socorro.....	145
Figura 4.24: Esquema de señalización de equipos contra incendio	145
Figura 4.25: Formato para representación gráfica de peligros.	153

Figura 4.26: Símbolos para representación de los riesgos en el mapa de Riesgos.....	155
Figura 5.1 Tipos de estantes propuestos para almacenar sustancias químicas y desechos químicos peligrosos.	164
Figura 5.2: Viñeta propuesta para la codificación y posterior ordenamiento de las sustancias químicas.....	165
Figura 5.3: Viñeta propuesta para la identificación de los desechos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio.	167
Figura 5.4: Contenedor para el almacenamiento de desechos de laboratorios.	168
Figura 5.5: Gafas Protectoras.	168
Figura 5.6: Mascarillas con carbón activado.	169
Figura 5.7: Mascarilla con dos filtros de carbón activado.	169
Figura 5.8: Vitrina extractora de gases.	170
Figura 5.9: Campanas extractoras localizadas.....	171
Figura 5.10: Lavaojos.	172
Figura 5.11: Ducha de seguridad con lavaojos.	172
Figura 5.12: Extintores y mangueras contra incendio.....	173
Figura 5.13: Preparación de la muestra.....	175
Figura 5.14: Estandarización del Nitrato de Plata, Izquierda práctica actual, Derecha práctica Propuesta.....	176
Figura 5.15: Procedimiento del Método de Mohr, izquierda práctica actual, derecha práctica propuesta.	177
Figura 5.16: Filtración de la solución, para separar el cloruro de plata y el Cromato de plata.....	182
Figura 5.17: Los precipitados de Cromato de plata y Cloruro de plata se colocan en una bolsa ziploc y luego en un recipiente de polietileno de alta densidad.....	182
Figura 5.18: Preparación de la muestra.	184
Figura 5.19: Estandarización del Tiocianato de Plata, izquierda práctica actual, derecha práctica propuesta.	185
Figura 5.20: Procedimiento método de Volhard, izquierda práctica actual, derecha práctica propuesta.....	186
Figura 5.21: Filtrado de la solución para separar el tiocianato de plata y el cloruro de plata del nitrobenzeno.	191
Figura 5.22: Precipitados de Tiocianato de plata y Cloruro de plata.....	191

Figura 5.23: Flujograma practica actual y practica propuesta.	194
Figura 5.24: Digestión de la muestra.	197
Figura 5.25: Filtrado del sulfato de bario.	197
Figura 5.26: Flujograma de estandarización del EDTA, actual y propuesta.	200
Figura 5.27: Flujograma de determinación de la dureza, actual y propuesta.....	201
Figura 5.28: Comparación de volúmenes de desecho generado.	205
Figura 5.29: Flujograma de práctica de metales alcalinotérreos.	208
Figura 5.30. Ruta de proceso para el manejo adecuado de los desechos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio.....	212
Figura 5.31. Ruta de proceso general para el manejo adecuado de los desechos peligrosos.	213

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.1. Categorías de Desechos Peligrosos.	13
Tabla 2.1. Regulaciones por recursos de la Ley de Medio Ambiente. Marzo, 1998 (Ley de Medio Ambiente, El Salvador, 1998).....	54
Tabla 2.2. Responsabilidades Administrativas, Civiles y Penales (Ley del Medio Ambiente).	55
Tabla 2.3. Legislación Ambiental Salvadoreña, marco de mejora ambiental. (Ley del Medio Ambiente).	56
Tabla 3.1. Clasificación disolventes halogenados.	71
Tabla 3.2 Clasificación disolventes no halogenados.	72
Tabla 4.1. Recomendaciones referentes al uso de envases de polietileno para el almacenamiento de desechos.....	79
Tabla 4.2. Ejemplos de incompatibilidades en el almacenamiento.....	86
Tabla 4.3: De incompatibilidades químicas.	98
Tabla 4.4: Precauciones para el almacenaje.	99
Tabla 4.5: Combinación y resultado de sustancias químicas.	100
Tabla 4.6: Productos y mezclas químicas incompatibles.	101
Tabla 4.7: Principales grupos de productos químicos incompatibles.....	102
Tabla 4.8: Reacciones peligrosas de los ácidos.....	105
Tabla 4.9: Sustancias fácilmente pre-oxidables.	106
Tabla 4.10: Tabla del código JT Baker.....	110
Tabla 4.11. Procesos de Estabilización/Solidificación.	121
Tabla 4.12: Tabla de tipos de guantes y su resistencia frente a determinados productos químicos.	134
Tabla 4.13: Matriz de evaluación de riesgos.	148
Tabla 4.14: Interpretación de las abreviaturas de la valoración de riesgos	150
Tabla 4.15: Tabla de clasificación de riesgos.....	151
Tabla 4.16: Tabla de estimación de riesgos.....	151
Tabla 4.17: Código de colores y formas geométricas para esquematización en el mapa de riesgos.....	156
Tabla 4.18: Tabla de recomendaciones de acuerdo al tipo de riesgos.....	157

Tabla 5.1: Materiales y equipo a utilizar en la práctica Propuesta de Mohr.	178
Tabla 5.2: Reactivos utilizados en práctica Propuesta.	178
Tabla 5.3: Comparación de cantidades de reactivos entre práctica actual y práctica propuesta.....	180
Tabla 5.4: Materiales y equipo a utilizar en la práctica propuesta.	187
Tabla 5.5: Reactivos utilizados en práctica propuesta.....	187
Tabla 5.6: Comparación de cantidades de reactivos entre práctica actual y práctica propuesta.....	189
Tabla 5.7. Comparación de cantidades de reactivos entre práctica actual y práctica propuesta.....	196
Tabla 5.8. Reactivos de estandarización del EDTA.	203
Tabla 5.9. Reactivos para determinación de la dureza.....	204
Tabla 5.10 Inversión en equipo para un manejo adecuado en la gestión de desechos peligrosos.	214
Tabla 5.11 Inversión en materiales para un manejo adecuado en la gestión de desechos peligrosos.	215

CAPITULO 1

1. FUNDAMENTOS SOBRE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.

1.1. HISTORIA DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.

Los residuos que generamos son un reflejo de las formas de producción y consumo de las sociedades en que vivimos, por lo cual su gestión debe adecuarse a los cambios que se producen en ambos procesos.

Hasta muy recientemente los residuos se depositaban, sin más, en vertederos, ríos, mares o cualquier otro lugar que se encontrara cerca. Con la industrialización y el desarrollo, la cantidad y variedad de residuos que generamos ha aumentado muchísimo, y se ha hecho patente que debemos tratarlos adecuadamente si se quiere disminuir sus efectos negativos.

Los efectos de los desechos peligrosos varían considerablemente con respecto a la salud humana, propiedad y ambiente. En la salud se pueden producir efectos temporales (náuseas, vértigo, dolor de cabeza, etc.) y efectos permanentes (cáncer, incapacidad, muerte, etc.); el impacto depende de la duración y exposición a los mismos (Corbitt, 1989). Un ejemplo clásico del efecto ocasionado por los desechos peligrosos es el incidente de Minamata en Japón durante la década de los 60, el cual causó la muerte a cientos de personas por envenenamiento, al ingerir moluscos contaminados con mercurio. Esto fue determinante para que esa nación se convirtiese en el primer país obligado a crear regulaciones ambientales y a ejercer mayor control sobre el manejo de desechos peligrosos. En Europa, la necesidad de crear legislaciones ambientales se puso en evidencia cuando en febrero de 1972, en el Reino Unido, se presentó un caso de toxicidad aguda en niños expuestos a sales de arsénico, provenientes de tambores que habían sido enterrados en áreas habilitadas con fines recreacionales. Se han encontrado en distintas regiones del mundo situaciones

similares, las cuales son ejemplos ilustrativos del impacto ejercido por el inadecuado manejo de desechos peligrosos sobre la vida del hombre, y la necesidad de reducir sus consecuencias sobre el ambiente (Correa, 1990).

Durante varios decenios se han seguido eliminando por el simple sistema del vertido. Se hacía esto incluso con la cada vez mayor cantidad de sustancias químicas tóxicas que producimos. En los años cincuenta y sesenta de nuestro siglo se fue comprobando las graves repercusiones para la higiene y la salud de las personas y los importantes impactos negativos sobre el ambiente que este sistema de eliminación de residuos tiene. Es por eso que prácticamente todos los países están viendo cambiar la composición y el volumen de sus residuos, en particular México, que es uno de los que más tratados comerciales internacionales ha firmado en la consecuente apertura comercial.

La visión mundial acerca de la gestión de los residuos también ha cambiado y se ha visto influida por la adopción de convenios ambientales internacionales en la materia o aspectos relacionados con su manejo, como el Convenio de Basilea, el Convenio de Estocolmo y el Convenio de Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas.

Dichos Convenios promueven la prevención de la generación de residuos, su aprovechamiento a través de su reutilización, reciclado o recuperación de su poder calorífico de manera ambientalmente adecuada, para limitar al máximo el volumen de los que se destinan a confinamiento, así como la liberación de contaminantes orgánicos persistentes o de gases con efecto de invernadero durante su manejo, a fin de prevenir riesgos al ambiente y a la salud y de no dejar pasivos ambientales a las generaciones futuras.

Estas circunstancias demandan una verdadera revolución en la enseñanza, el desarrollo de tecnologías, la administración, los servicios y los mercados de materiales secundarios, relacionados con la generación y manejo integral de los

residuos, lo cual hace necesario el establecimiento y operación efectiva de redes de intercambio de información, experiencias y conocimientos, así como una gran plasticidad de los sistemas de gestión de los residuos.

1.2. CONCEPTOS BÁSICOS

1.2.1. ¿QUE ES GESTIÓN AMBIENTAL?

Se denomina **gestión ambiental** o **gestión del medio ambiente** al conjunto de diligencias conducentes al manejo del sistema ambiental. Dicho de otro modo e incluyendo el concepto de desarrollo sostenible, es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales. (Manual de Gestión de Residuos en Laboratorios Ambientales Centro de Desarrollo Tecnológico Noviembre 2008).

La gestión ambiental responde al "cómo hay que hacer" para conseguir lo planteado por el desarrollo sostenible, es decir, para conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del ambiente. Abarca un concepto integrador superior al del manejo ambiental: de esta forma no solo están las acciones a ejecutarse por la parte operativa, sino también las directrices, lineamientos y políticas formuladas desde los entes rectores, que terminan mediando la implementación.

1.2.2. GESTIÓN DE DESECHOS GENERADOS EN EL LABORATORIO.

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, uno de los tipos que más atención requiere, no por su cantidad sí por los potenciales riesgos que encierran, son los desechos producidos en los laboratorios. No debe olvidarse, que un desecho de laboratorio es una sustancia o un preparado que casi siempre presenta características de toxicidad y peligrosidad y cuya identificación o almacenamiento inadecuados constituye un riesgo añadido a los propios de la actividad del laboratorio.

La gestión de este tipo de desechos presenta una problemática distinta a la de los desechos de origen industrial debido a que son desechos de gran variedad, alta peligrosidad y escaso volumen.

Por todo ello, resulta necesario incluir un programa de gestión de desechos en el laboratorio, que permita una adecuada protección de la salud y del medio ambiente. Aunque, a primera vista, todo ello implique un costo añadido, es evidente que repercute positivamente en la gestión del laboratorio, siendo rentable a medio plazo. (Ref. Manual de Gestión de Residuos y Seguridad en Laboratorios Ambientales Centro de Desarrollo Tecnológico Noviembre 2008).

1.2.3. ¿QUE ES UN RESIDUO?

Es todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la naturaleza. Material recuperable que queda como resultado de un proceso químico o físico. Hay objetos o materiales que son residuos en determinadas situaciones, mientras que en otras se aprovechan. En los países desarrollados se desechan diariamente a la basura una gran cantidad de cosas que en los países en vías de desarrollo volverían a ser utilizadas o seguirían siendo bienes valiosos. Además muchos residuos se pueden reciclar si se dispone de las tecnologías adecuadas y el proceso es económicamente rentable. Una buena gestión de los residuos persigue precisamente no perder el valor económico y la utilidad que pueden tener muchos de ellos y usarlos como materiales útiles en vez de tirarlos. (Guía para el manejo

de los residuos químicos en el laboratorio Universidad Nacional del Nordeste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Argentina, 2005)

1.2.3.1. TIPOS DE RESIDUOS.

1.2.3.1.1. CLASIFICACIÓN GENERAL.

Para poder disponer de los residuos eficazmente es importante distinguir los distintos tipos que hay. Es muy distinto el residuo industrial que el agrícola o que el doméstico y también son totalmente diferentes los residuos gaseosos o líquidos que los sólidos, o los radiactivos y los que no lo son. Otros tipos de residuos, son:

- **Residuos sólidos urbanos:** Los que componen la basura doméstica.
- **Residuos industriales:** Dentro de los residuos que genera la industria es conveniente diferenciar entre:

Inertes: Que son escombros y materiales similares, en general, no peligrosos para el medio ambiente, aunque algunos procedentes de la minería pueden contener elementos tóxicos.

Similares a residuos sólidos urbanos: Restos de comedores, oficinas, etc.

Residuos peligrosos: Que por su composición química u otras características requieren tratamiento especial.

- **Residuos agrarios:** Son los que proceden de la agricultura, la ganadería, la pesca, las explotaciones forestales o la industria alimenticia.
- **Residuos radiactivos:** Materiales que emiten radiactividad.

(Guía para el manejo de los residuos químicos en el laboratorio Universidad Nacional del Nordeste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Argentina, 2005)

1.2.4. ¿QUE ES UN RESIDUO PELIGROSO?

Material que reviste características peligrosas que después de servir a un propósito específico todavía conserva propiedades físicas y químicas útiles, que puede ser reutilizado, reciclado, regenerado o aprovechado con el mismo propósito u otro diferente. (Según Decreto N°41, Art 3 Reglamento Especial en Materia de Residuos y Desechos Peligrosos, El Salvador).

1.2.5. ¿QUE ES UN DESECHO?

Material o energía resultante de la ineficiencia de los procesos y actividades, que no tienen uso directo y es descartado permanentemente. (Ley de Medio Ambiente de El Salvador, Art 5. conceptos y definiciones básicas).

Todo subproducto no reutilizable, procedente de los procesos de producción, valorización, consumo, de la industria, el comercio, el campo o los hogares, etc.

El proceso de industrialización a nivel mundial ha producido un incremento alarmante en los volúmenes de desechos, siendo preocupante la falta de información en cuanto a qué se produce, quién los produce, qué cantidad y qué sucede con ellos. Aunado a esto, la toxicidad, complejidad y heterogeneidad química de estos desechos, así como los altos costos de tratamiento y disposición final, han ocasionado un impacto negativo al ambiente y a la salud del hombre, creando conciencia en el público a nivel mundial (Pearce, 1983; Correa, 1990).

1.2.6. ¿QUE ES UN DESECHO PELIGROSO?

Es cualquier material sin uso directo o descartado permanentemente que por su actividad química o por características corrosivas, reactivas, inflamables, tóxicas, explosivas, combustión espontánea, oxidante, infecciosa, bioacumulativas, ecotóxicas o radiactivas u otras características, que ocasionen peligro o ponen en riesgo la salud humana o el ambiente, ya sea por si solo o al contacto con otro desecho. (Ley de Medio Ambiente Art. 5).

1.2.7. MANEJO AMBIENTAL RACIONAL DE LOS DESECHOS PELIGROSOS.

Se entiende la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana contra efectos nocivos que puedan derivarse de tales desechos. (Según Decreto N°41, Art 3 Reglamento Especial en Materia de Residuos y Desechos Peligrosos, El Salvador).

1.3. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS DESECHOS PELIGROSOS

A continuación se presenta la clasificación general de los desechos peligrosos existentes (Ref. Guía para el manejo de desechos químicos peligrosos en los laboratorios Universidad Nacional del Nordeste 2005):

1.3.1. Sustancias Explosivas:

Se entiende por materia explosiva aquellas sustancias o mezcla de ellas que son capaces por sí mismas y mediante una reacción química, de emitir un gas a una presión que pueda ocasionar daño a la salud humana y al ambiente.

Dentro de estas sustancias se encuentran: las sustancias explosivas, artículos explosivos y sustancias que producen efecto explosivo pirotécnico. Se subdivide en seis subclases:

- a) Materiales y artículos que presentan riesgo de explosión de toda la masa (como la nitroglicerina y la dinamita).
- b) Materiales y artículos que presentan riesgo de proyección, pero no de explosión de toda la masa.
- c) Materiales y artículos que presentan riesgo de incendio y de que se produzcan pequeños efectos de onda de choque o proyección, pero no un riesgo de explosión de toda la masa.
- d) Materiales y artículos que no presentan riesgos notables, generalmente se limita a daños en el embalaje.
- e) Materiales muy poco sensibles que presentan riesgo de explosión de toda la masa pero que la posibilidad de explosión es remota.
- f) Materiales extremadamente insensibles que no presentan riesgo de explosión de toda la masa.

1.3.2. Gases:

Se refiere a cualquier tipo de gas comprimido, licuado o disuelto bajo presión. Se distinguen en tres subclases:

- a) Gases inflamables. Incluyen generalmente a hidrocarburos procedentes de la destilación del petróleo o de fuentes de gas natural (propano, hidrógeno).
- b) Gases no inflamables, no venenosos y no corrosivos. Son gases que no se queman con facilidad, y la combustión puede llevarse a cabo solo en condiciones extremas (nitrógeno, helio).
- c) Gases venenosos. Conformado por mezclas estables de gases, pero capaces de reaccionar con los compuestos orgánicos de las células produciendo la muerte (Cloro, fòsgeno).

1.3.3. Líquidos Inflamables:

Son líquidos, mezclas de líquidos, o líquidos conteniendo sólidos en solución o suspensión, que liberan vapores inflamables a temperaturas relativamente bajas, pudiendo arder en presencia de una llama o una chispa bajo ciertas condiciones de presión y temperatura generando incendios o siniestros. Estos se clasifican de acuerdo al punto de inflamabilidad, según la temperatura más baja a la que el líquido desprende vapores en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable en las proximidades de su superficie:

- a) Punto de inflamabilidad bajo (inferior a -18°C)
- b) Punto de inflamabilidad medio (igual o superior a -18°C e inferior a 23°C).
- c) Punto de inflamabilidad alto (igual o superior a 23°C e inferior a 61°C .)

En esta clase también se incluyen igualmente las materias sólidas en estado fundido cuyo punto de inflamación es superior a 61°C y que sean entregadas al transporte o transportadas en caliente a una temperatura igual o superior a su punto de inflamación. También se incluyen las materias líquidas explosivas desensibilizadas (materias líquidas explosivas preparadas en solución o en suspensión en agua o en otros líquidos de modo que formen una mezcla líquida homogénea exenta de propiedades explosivas).

1.3.4. Sólidos inflamables:

Son las sustancias que se encienden con facilidad, y que en consecuencia representan un peligro de incendio bajo las condiciones industriales normales:

- a) Sólidos inflamables. Son sólidos que en condiciones normales de transporte son inflamables y pueden favorecer incendios por fricción (magnesio, fósforo rojo).

b) Sustancias que pueden presentar combustión espontánea. Son espontáneamente inflamables en condiciones normales de transporte o al entrar en contacto con el aire (fósforo blanco).

c) Sustancia que en contacto con el agua despiden gases inflamables o tóxicos (sodio, potasio).

d) Sustancias venenosas. Son sólidos o líquidos que pueden causar efectos graves y perjudiciales para la salud del ser humano si se inhalan sus vapores o entran en contacto con la piel (cianuro de potasio, cloruro de mercurio).

1.3.5. Sustancias infecciosas:

Se considera sustancia infecciosa aquella que contiene microorganismos patógenos viables tales como: bacterias, protozoarios, virus, hongos, recombinantes híbridos y mutantes, de los que se saben o se sospecha pudieran originar enfermedades en humanos y en animales, con la suficiente virulencia y concentraciones que pueda producir una enfermedad infecciosa o toxi - infecciosa.

1.3.6. Sustancias corrosivas:

Son sustancias ácidas o básicas que causan lesiones visibles en la piel y otros tejidos vivos tales como: quemaduras o erosiones o corroen los metales. Algunas de estas sustancias son volátiles y desprenden vapores irritantes; pueden desprender gases tóxicos cuando se descomponen (hidróxido de sodio, ácido sulfúrico).

Para caracterizar una sustancia como corrosiva debe presentar cualquiera de las siguientes propiedades:

- Que sea acuosa y tenga un pH menor o igual a 2, o mayor o igual a 12,5;
- Que sea un líquido y corroa el acero a una tasa mayor de 6,35 mm por año, a una temperatura de ensayo de 55°C.

1.3.7. Sustancia tóxica:

Es aquella sustancia que puede causar daño a la salud humana y al ambiente. Son los materiales sólidos, pastosos, líquidos, así como los gaseosos contenidos en recipientes, que, siendo el resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su productor destine al abandono y contengan en su composición alguna de las sustancias y materias que representen un riesgo para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente.

1.3.8. Sustancia crónica:

Su efecto pernicioso en la salud humana y medio ambiental es de carácter permanente.

1.3.9. Sustancias reactivas:

Sustancia cuya característica química la hace inestable ante variaciones de su entorno. Se considera una sustancia reactiva aquella que al mezclarse o ponerse en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos, pueda tener cualquiera de las siguientes propiedades:

- Ser normalmente inestable y reaccionar de forma violenta e inmediata sin detonar.
- Interactuar violentamente con agua.
- Generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud o al medio ambiente cuando es mezclado con agua.
- Poseer, entre sus componentes, sustancias que por reacción liberan gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo a la salud humana o al medio ambiente.
- Ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados.

- Aquél que produce una reacción endotérmica o exotérmica al ponerse en contacto con el aire, agua o cualquier sustancia o elemento.

1.3.10. Sustancia radioactiva:

Es una clase especial de sustancia, producto de plantas de generación nuclear, aparatos usados en hospitales, o de medición específicos, que usan radioisótopos o bien producto de un proceso de fabricación de armas nucleares o centrales nucleares. También se entiende por sustancia radioactiva, cualquier materia que contenga compuestos, elementos o isótopos, con una actividad radiactiva por unidad de masa superior a 70 K Bq/Kg (setenta kilo becquerelios por kilogramo) o 2nCi/g (dos nanocuries por gramo), capaces de emitir, de forma directa o indirecta, radiaciones ionizantes de naturaleza corpuscular o electromagnética que en su interacción con la materia produce ionización en niveles superiores a las radiaciones naturales de fondo.

1.3.11. Sustancia orgánica:

Todo desecho de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, etc.

1.3.12. Sustancia inorgánica:

Todo desecho de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, etc.

Según Decreto No.41, Art 23 Reglamento Especial en Materia de Residuos y Desechos Peligrosos, El Salvador. Se consideran desechos peligrosos las categorías siguientes:

Tabla 1.1. Categorías de Desechos Peligrosos.

Corrientes de Desechos.

Y0	Todos los desechos que contengan o se encuentren contaminados por radionucleidos cuya concentración o propiedades puedan ser el resultado de actividad humana.
Y1	Desechos Clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas.
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.
Y3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos.
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos.
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de Productos químicos para la preservación de la madera.
Y6	Desechos resultantes de la producción, preparación y la utilización de disolventes orgánicos.
Y7	Desechos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple.
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.
Y9	Mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.
Y10	Sustancias y artículos de desechos que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico.
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.
Y13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.
Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente.
Y16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.
Y17	Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plástico.
Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales
<u>Desechos que tengan como constituyentes:</u>	
Y19	Metales carbonilos.
Y20	Berilio, compuestos de Berilio.

Y21	Compuestos de Cromo Hexavalente.
Y22	Compuestos de Cobre.
Y23	Compuestos de Zinc.
Y24	Arsénico, compuestos de arsénico.
Y25	Selenio, compuestos de selenio.
Y26	Cadmio, compuestos de Cadmio.
Y27	Antimonio, compuestos de antimonio.
Y28	Telurio, compuestos de Telurio.
Y29	Mercurio, compuestos de Mercurio.
Y30	Talio, compuestos de Talio.
Y31	Plomo, compuestos de plomo.
Y32	Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico.
Y33	Cianuros inorgánicos.
Y34	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.
Y35	Soluciones básicas o bases en forma sólida.
Y36	Asbesto (polvo y fibras).
Y37	Compuestos orgánicos de fósforo.
Y38	Cianuros orgánicos.
Y39	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.

1.4. PROGRAMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS.

El programa de gestión de residuos y desechos es una herramienta útil para lograr una gestión eficaz de ellos. Debe aplicarse a todo tipo de residuos y desechos generados en el laboratorio, tanto a los no peligrosos (asimilables a urbanos) como a los peligrosos (incluyendo los reactivos caducados, los reactivos no caducados pero innecesarios, los materiales de un solo uso contaminados o no, los patrones y todos aquellos materiales o productos que se hayan utilizado o generado en el mismo).

El programa de gestión de residuos y desechos debe recoger todas aquellas actividades encaminadas a dar a ellos el destino final más adecuado de acuerdo con sus características; y se debe tener en cuenta en él, las operaciones de recogida, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento, recuperación y eliminación de los mismos.

El programa de gestión de residuos y desechos debería incluir:

- **Responsable o responsables.** Debe nombrarse un responsable o responsables que supervisen y comprueben la correcta aplicación y ejecución del programa e informen a la dirección.
- **Nivel de recursos necesarios.** Debe conocerse y evaluarse el costo del programa considerando todas las operaciones (recogida, transporte, reutilización, recuperación, tratamiento, etc.).
- **Inventario.** Debe confeccionarse una relación de los desechos generados y mantenerla actualizada.
- **Identificación.** Todos los productos considerados como desechos deben estar clasificados e identificados en función de su peligrosidad y/o destino final.
- **Minimización/reducción.** Deben estudiarse y valorarse las posibilidades de reutilización, recuperación, tratamiento en el propio laboratorio o racionalización de compras al objeto de reducir en lo posible la generación de desechos.
- **Almacén.** Debe disponerse de un espacio separado del laboratorio para almacén de desechos, provisto de los elementos de seguridad necesarios.
- **Recogida y transporte.** Se deben facilitar los recipientes y etiquetas adecuados para la recogida y el transporte de los desechos.
- **Medidas de seguridad.** Deben establecerse las medidas de seguridad necesarias indicando las prendas de protección que deben utilizarse, cuando se manipulen los mismos.
- **Actuación en caso de accidentes/incidentes.** Se deben dar las instrucciones de actuación en caso de vertidos o derrames, o de cualquier incidente que pueda

producirse. Asimismo deben indicarse las pautas de actuación en caso de una emergencia.

- **Formación e información.** Todo el personal debe conocer el programa de gestión de desechos adoptado, su ejecución y la responsabilidad de cada uno en el mismo. Todas las informaciones sobre el programa deben proporcionarse por escrito. (Manual de Gestión de Residuos y Seguridad en Laboratorios Ambientales Centro de Desarrollo Tecnológico Noviembre 2008).

1.5. MANEJO, PREVENCIÓN, ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.

1.5.1. ¿CÓMO SE LOGRA EL MANEJO SEGURO DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS PARA PREVENIR SUS RIESGOS?

Para lograr el manejo integral, ambientalmente adecuado, económicamente viable, tecnológicamente factible y socialmente aceptable de los residuos y desechos peligrosos, es necesaria la participación informada, organizada y responsable de todos los sectores, ya sean públicos, privados o sociales, lo cual implica un cambio cultural de gestión de los desechos peligrosos.

Para poner en práctica la aplicación de la responsabilidad compartida, pero diferenciada, de todos los sectores, la Ley de Medio Ambiente de El Salvador ha introducido como instrumento el Decreto N^o.41 que es el **Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos**, a través del cual los generadores (sean del sector público, privado o social) deberán adoptar medidas para evitar la generación de residuos, aprovechar aquellos susceptibles de reutilización, reciclado o de transformación en energía, y para tratar o confinar aquellos que no se puedan valorizar.

Asimismo, las disposiciones regulatorias (leyes, reglamentos y normas), establecen pautas de conducta a evitar y medidas a seguir para lograr dicho manejo seguro a fin de prevenir riesgos, a la vez que fijan límites de exposición o

alternativas de tratamiento y disposición final para reducir su volumen y peligrosidad.

Complementan las medidas regulatorias, los manuales, las guías, lineamientos, procedimientos y métodos de buenas prácticas de manejo de los residuos y desechos peligrosos, así como la divulgación de información, la educación y la capacitación de quienes los manejan.

1.5.1.1. GESTIÓN PARA MANEJO DE DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS EN EL LUGAR DE ORIGEN.

Recomendaciones generales (Ref. Manual de Gestión de Residuos y Seguridad en Laboratorios Ambientales Centro de Desarrollo Tecnológico Noviembre 2008).

Almacenaje por períodos cortos.

- Defina estrategia: reutilización, reciclaje, tratamiento, o desecho.
- Si almacena en tambores o barriles, marque como “desecho peligroso”.
 - Manténgalos en buenas condiciones, manéjelos con cuidado y reemplace los que presentan filtraciones o escapes.
 - No almacene sustancias peligrosas en recipientes en que exista riesgo de ruptura, escape, corrosión u otra falla.
 - Manténgalos cerrados excepto cuando se usen para llenar o vaciar.
 - Inspeccione periódicamente por escapes o corrosión.
 - Nunca almacene en el mismo recipiente sustancias que son incompatibles, esto es, que puedan generar incendios o reacción química incontrolable, o que produzcan descargas nocivas al medio ambiente.
 - Establezca distancias y zonas de seguridad para desechos que contengan sustancias peligrosa inflamable o reactiva. Utilice la asistencia de un experto en medio ambiente o del Cuerpo de Bomberos.

- Continúe con:
 - Tratamiento de desechos en el lugar.
 - Disposición de desechos en el lugar o
 - Transporte a sitio de desecho.

1.5.2. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS.

Cuando no existe aún la posibilidad de cambio tecnológico para acceder a *producción limpia*, un esquema coherente de gestión ambiental para manejo de residuos sólidos y desechos peligrosos incluye los siguientes procesos en la jerarquía indicada. (Ref. Manual de Gestión de Residuos y Seguridad en Laboratorios Ambientales Centro de Desarrollo Tecnológico Noviembre 2008).

- Minimizar la generación de desechos y residuos (prioridad más alta)
- Reciclaje del material utilizado.
- Reutilización de los residuos.
- Tratamiento o destrucción.
- Disposición de los desechos (prioridad más baja).

1.5.2.1. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

¿Qué es la prevención de la contaminación?

La prevención de la contaminación involucra el uso de materiales, procesos o prácticas que reducen o eliminan la creación de contaminantes o sustancias en la fuente de origen, todo ello previo a reciclaje, tratamiento o disposición.

Incluye el diseño de productos y procesos que conducen a una reducción sustantiva o a la total eliminación de la contaminación producida por el fabricante o usuario de los productos.

¿Quiénes deben utilizar la prevención a la contaminación?

Cualquier empresa que:

- Genere sustancias peligrosas.
- Usa materiales peligrosos o tóxicos.
- Desea ahorrar dinero reduciendo los costos de manejo de residuos y desechos, costos de materias primas y costos de producción.
- Desea operar con responsabilidad para proteger el medio ambiente y la salud de las personas.

Ventajas de una gestión ambiental basada en la prevención de la contaminación,
Las empresas que implementan planes de prevención de la contaminación:

- Evitan el aumento de costos en disposición de desechos.
- Ahorran dinero en otras áreas, tal como en la compra de materias primas.
- Aumentan su eficiencia industrial.
- Mantienen o aumentan la competitividad.
- Disminuyen su responsabilidad legal en largo plazo.
- Cumplen mejor con las normas ambientales.
- Mejoran las condiciones ambientales y de seguridad en el lugar de trabajo.
- Garantizan la seguridad de la comunidad.
- Realzan la imagen de la compañía.
- La prevención de la contaminación.

En conclusión la prevención de la contaminación

Es:

- Reducción en la fuente de origen.
- Reciclaje dentro del proceso.
- Tecnología limpia.

- Sustitución de materia primas peligrosas por otras menos peligrosas.
- Mantenimiento preventivo.

No es

- Tecnologías al final del proceso.
- Control de la contaminación.
- Reciclaje de residuos fuera de la planta o instalación.
- Reciclaje de residuos fuera del proceso principal.

1.5.2.2. EL PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

Involucra un continuo y detallado análisis de las operaciones en una determinada instalación o planta con el fin de prevenir la generación de todo tipo de residuos y desechos.

Un programa efectivo:

- Protege la salud pública y el medio ambiente.
- Reduce los costos de operación.
- Aumenta la moral y nivel de participación de los empleados.
- Mejora la imagen de la compañía en la comunidad.

1.5.2.3. MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS.

- Hace referencia a actividades que involucran solamente reducir desechos en una determinada actividad, en especial si el desecho es peligroso o tóxica.
- Incluye procesos como reducción en la fuente de origen, y reciclaje adecuado en cualquier forma, tal como reciclaje por fuera de la instalación o reutilización beneficiosa.

Evaluación para minimización de desechos:

- Identifica proceso productivo que genera el desecho.
- Determina cantidad de basura generada por cada flujo.
- Resultado de la evaluación.
- Identifica con ventajas de costo las posibilidades de reducción del volumen y la peligrosidad de los residuos y desechos generados.
- Permite decisiones informadas sobre cómo asignar recursos para programas de reducción en la fuente o reciclaje.
- Identifica necesidades de inversiones de capital.
- Involucra a todo el equipo de producción.

Métodos y técnicas de minimización de residuos y desechos

- Manejo de inventario y mejoramiento de operaciones.
- Modificaciones de equipos.
- Cambios en los procesos de producción.
- Reutilización y reciclaje.

1.5.3. ALMACENAMIENTO DE DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS.

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 contar con dispositivos de relevo de presión y arrestador de flama.

Recomendaciones para el buen almacenamiento:

- No almacenar en lo posible los residuos y desechos peligrosos en su lugar de origen.
- Almacenarlos en sitios acondicionados para tal fin, donde no puedan provocar riesgos.
- Los lugares de almacenamiento deben estar alejados de posibles fuentes de calor, en lo posible fuera de las áreas de circulación de público, contar con ventilación adecuada y elementos de seguridad ante posibles incendios como extintores de las características necesarias, balde de arena, detectores de calor y humo, etc.
- El almacén de residuos y desechos peligrosos debe equiparse con cimientos de concreto provistos de un recubrimiento impermeable y resistente contra los materiales a almacenar.
- Las áreas de almacenamiento de residuos y desechos peligrosos deben techarse y proveerse de una protección contra las lluvias (incluyendo protecciones laterales).
- Las zonas de almacenamiento, en las que se guardan líquidos, deben estar provistas de tanques vacíos y canales de recolección de líquidos en caso de derrames, además deben contar con materiales de absorción (p.ej. aserrín) para absorber derrames.
- Almacenar los desechos líquidos peligrosos en recipientes adecuados teniendo en cuenta las características del desecho (corrosivo, cáustico, etc.) En general se puede utilizar como elementos de contención: bidones adecuados de polipropileno rígido, resistentes a la abrasión y a los golpes con tapa de cierre hermético y de capacidad no mayor a 20 litros, en cantidad suficiente que garanticen el almacenamiento y transporte seguros.
- Estar debidamente identificados con rótulos que indiquen la procedencia de los mismos y su categorización.

- Los recipientes no deben ser apilados, para evitar la rotura y derrame consecuente, recomendando la colocación de estantería adecuada para tal fin.
- Mantener los recipientes en buenas condiciones, manéjelos con cuidado y reemplace los que presentan filtraciones o escapes.
- El transporte de los bidones con residuos líquidos peligrosos hasta el lugar de almacenamiento se debe hacer usando carros adecuados de forma tal que los mismos no se puedan caer, golpear o volcar.
- El aire emitido por las áreas de almacenamiento y trabajo cerradas debe ser captado y purificado en la medida de lo posible. A través de medidas adecuadas debe asegurarse que no se generen emisiones no permitidas.
- Las áreas de almacenamiento destinadas a desechos combustibles, se deberán equipar con dispositivos de alarma y de prevención y control de incendios.
- En almacenes destinados a residuos y desechos peligrosos, se deberán instalar regaderas de emergencia y equipos de lavado de ojos, así como también estar a disposición equipos de protección personal.
- No deberá permitirse el acceso al almacén a personas no autorizadas y deberá asegurarse el control del acceso.

1.5.4. TRATAMIENTO DE DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS.

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.

Algunas de los procesos más empleados son:

- ✓ Neutralización de ácidos y bases.
- ✓ Precipitación de metales pesados.
- ✓ Tratamiento de oxidantes con reductores.

- ✓ Absorción de compuestos orgánicos peligrosos en materiales inertes como vermiculita o carbón activo.
- ✓ Esterilización de material contaminado mediante tratamiento en autoclave.

Menos riesgos se asocian con el tratamiento de residuos no segregados por medio de otras tecnologías como la de autoclave, hidroclave, microonda y desinfección química, las cuales afectan más a los trabajadores que al público general y pueden contaminar las fuentes de agua más que el aire, si son operadas inapropiadamente.

La elección de tecnologías 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. La incineración puede ser una tecnología exagerada. La tecnología debe estar inserta en el sistema de manejo para contribuir a alcanzar el objetivo final como parte de un sistema total, no como un reemplazo del mismo. La elección de la tecnología a utilizar debería hacerse atendiendo a las necesidades y condiciones locales, y no puede aplicarse uniformemente a lo largo de todo un estado o país. Deben fijarse estándares nacionales aceptables para las tecnologías de tratamiento. (Ref. Manual de Gestión de Residuos y Seguridad en Laboratorios Ambientales Centro de Desarrollo Tecnológico Noviembre 2008).

1.5.5. DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS PELIGROSOS.

La incorrecta disposición de todos los desechos sólidos urbanos, desecho peligrosos, desecho industriales, desechos humanos, etc., significan una importante amenaza para la salud. (Ref. Manual de Gestión de Residuos y Seguridad en Laboratorios Ambientales Centro de Desarrollo Tecnológico Noviembre 2008).

La disposición final de este tipo de desechos no es fácil, si se trata de desecho menos peligrosos estos pueden ser incinerados a no menos de 850 °C en lugares autorizados por la Autoridad Sanitaria. Para aquellos residuos que no pueden ser reciclados, compostados o reusados de otra manera, es necesario el desarrollo de rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de líquidos cloacales y otras infraestructuras que brinden una disposición final segura, para así poder garantizar la salud pública del país.

Dicho lugar de confinamiento debe estar ubicado en zonas libres de fallas geológicas, estable y lejos de sectores aluvionales, poblacionales, actividad minera o industrial, lejos de vías de tránsito público o actividad volcánica con un historial conocido de al menos 100 años. Además no deben existir capas subterráneas ni cuerpos de agua a menos de 5 km del lugar.

Los estudios de los residuos municipales en varios países, tales como Haití o India concluyen que aproximadamente un 50% de los residuos generados son orgánicos y podrían compostarse. Otro gran segmento incluye materiales fácilmente reciclables, dejando una porción relativamente pequeña que sí necesita una disposición real. A partir del debate sobre el manejo de los residuos, una clasificación adecuada y prevención de la polución, combinada con una definición clara del problema y de los objetivos a alcanzar, proveerá la mejor solución más ambientalmente segura y económicamente razonable para la disposición de residuos. Las propuestas de grandes incineradores para los residuos generales y sin clasificación, no sólo no apuntan al problema real, sino que conllevan una numerosa cantidad de “efectos secundarios” que dan un rendimiento negativo.

Muchas naciones e industrias confinaron sus desechos en tambores y los arrojaron al mar en el pasado, hoy esta nefasta conducta ha cambiado paulatinamente a medida que se genera conciencia sobre el ambiente.

Los desechos de carácter radiactivo, tienen un trato muy especializado, Por lo general son contenidos en embalajes cubiertos de una espesa capa de plomo o carbón y son dispuestos en piscinas encementadas en lugares tales como desiertos solitarios, islas o confinados en el mar en embalajes indestructibles. Su control es muy estricto y permanente.

CAPITULO 2

2. MARCO LEGAL EN MATERIA DE SUSTANCIAS, RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.

Los países del mundo han negociado y construido una vasta red de normas jurídicas para regular sus relaciones recíprocas y asegurar entre ellos la paz, la cooperación y el respeto a sus respectivos derechos. Al conjunto de dichas normas se le denomina *derecho* internacional, y a las que versan sobre materia ambiental o de recursos naturales *derecho internacional ambiental*.

Apenas a finales de la década de los sesenta, la comunidad internacional empezó a cobrar plena conciencia del alarmante y negativo impacto acumulado, que las actividades humanas venían teniendo sobre el medio ambiente y sobre los recursos naturales de la Tierra, principalmente desde la revolución industrial. Por ello, en 1972 se celebró, en Estocolmo, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, que emitió una trascendental declaración, cuyo punto central fue su llamado *Principio 21*, según el cual "los Estados tienen el derecho soberano de explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental y la obligación de asegurarse de que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción o bajo su control no perjudiquen al medio de otros Estados o de zonas situadas fuera de toda jurisdicción nacional".

Durante las últimas décadas ha surgido una gran preocupación ambiental por los problemas que originan los residuos y la experiencia ha demostrado que para lograr un manejo adecuado de los residuos químicos es necesaria una legislación que facilite tomar las acciones necesarias. La necesidad de reducir o eliminar el uso o generación de sustancias peligrosas en el diseño, manufactura y aplicación de los productos químicos de manera tal de prevenir la contaminación, por lo tanto enmarca al Ingeniero Químico ante un cambio muy importante, tanto en su formación profesional como en el modo de encarar la resolución de estos

problemas, ya que la disposición responsable de los residuos químicos reducirá presentes y futuras amenazas sobre el medio ambiente.

2.1. MARCO LEGAL EN EL SALVADOR.

De conformidad con la Constitución de la República de El Salvador, la protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales y el medio deben ser objeto de legislación especial; que el deterioro acelerado del ambiente está ocasionando graves problemas económicos y sociales, amenazando con daños irreversibles para el bienestar de las presentes y futuras generaciones, lo que hace necesario compatibilizar las necesidades de desarrollo económico y social con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y proteger al medio ambiente, que para enfrentar con éxito y de forma integral los problemas ambientales, tomando en cuenta que el ambiente está compuesto por varios elementos interrelacionados en constante cambio ya sea por causas naturales o provocadas por los seres humanos se requiere dotar al país de una legislación ambiental moderna que sea coherente con los principios de sostenibilidad del desarrollo económico y social.

Frente a la necesidad de revertir el deterioro ambiental y la degradación de los recursos naturales de El Salvador, en nuestro ordenamiento jurídico surgen instrumentos que regulan la relación de los seres humanos en su entorno de manera sostenible, surgen así las normas jurídicas ambientales.

En nuestro país podemos hablar de que con la Ley del Medio Ambiente de El Salvador surgen las normas jurídicas ambientales propiamente dichas, pues ésta es la Ley Marco en la que se orienten las regulaciones jurídicas relativas al medio y los recursos naturales.

Esto no significa que antes de la Ley del Medio Ambiente de El Salvador no se haya contado con normas jurídicas sectoriales relativas a los recursos naturales y

con relevancia ambiental. Claros ejemplos de ello son la Ley Forestal, la Ley de Riego y Avenamiento y la Ley de Conservación de la Vida Silvestre.

2.1.1. GESTIÓN AMBIENTAL Y PLANES DE CONTINGENCIA.

Dentro del marco legal de la Ley de Medio Ambiente de El Salvador se contempla en esta la creación de un sistema nacional de gestión del medio ambiente, entendiéndose por gestión pública ambiental a todas las actividades o mandatos legales que realiza o ejecuta el estado o las municipalidades en relación al medio ambiente con consecuencia o impacto en el mismo.

LEY DE MEDIO AMBIENTE. DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador, lunes 4 de mayo de 1998.

Creación del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente

Art. 6.- Créase el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, formado por el Ministerio que será su coordinador, las unidades ambientales en cada Ministerio y las instituciones autónomas y municipales, se llamará SINAMA y tendrá como finalidad establecer, poner en funcionamiento y mantener en las entidades e instituciones del sector público los principios, normas programación, dirección y coordinación de la gestión ambiental del Estado.

Tendrá los objetivos siguientes:

- a) Establecer los mecanismos de coordinación de gestión ambiental en las entidades e instituciones del sector público, para implantar la dimensión ambiental en el desarrollo del país;
- b) Establecer la organización estructural y funcional de la gestión ambiental en las entidades e instituciones del sector público;
- c) Establecer los procedimientos para generar, sistematizar, registrar y suministrar información sobre la gestión ambiental y el estado del medio ambiente como base para la preparación de planes y programas ambientales, para evaluar los impactos ambientales de las políticas sectoriales y para evaluar el desempeño de la gestión ambiental de los miembros del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente:
- d) Establecer como responsabilidad propia de la dirección superior de cada entidad o institución del sector público la implantación, ejecución y seguimiento de la gestión ambiental.
- e) Establecer las normas de participación y coordinación entre éste y el Ministerio. Compete al Órgano Ejecutivo en el ramo del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la coordinación del SINAMA, para lo cual dictará las políticas que servirán como guía para el diseño, organización y funcionamiento el cual será centralizado en cuanto a la normación, y descentralizado en cuanto a la operación.

Participación de la Población en la Gestión Ambiental

Art. 8.- Las Instituciones integrantes del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente previamente a la aprobación de sus políticas, planes y programas, consultarán para su gestión ambiental, con las organizaciones de participación a nivel regional, departamental y local.

Derecho de la Población a ser Informada Sobre la Gestión.

Ambiental

Art. 9. - Los habitantes tienen derecho a ser informados, de forma oportuna, clara y suficiente, en un plazo que no exceda de quince días hábiles sobre las políticas, planes y programas ambientales relacionados con la salud y calidad de vida de la población, especialmente para:

- a) Participar en las consultas previas a la definición y aprobación de la política ambiental, en las formas y mecanismos establecidos en la presente ley y sus reglamentos;
- b) Participar en las consultas, por los canales que establezca la ley, cuando dentro de su municipio se vayan a otorgar concesiones para la explotación de recursos naturales;
- c) Colaborar con las instituciones especializadas del Estado en la fiscalización y vigilancia para la protección del medio ambiente.
- d) Informarse y participar en las consultas sobre las actividades, obras o proyectos, que puedan afectarla o requieran Permiso Ambiental. El Ministerio establecerá lineamientos para la utilización de mecanismos de consultas públicas con relación a la gestión ambiental. Fomentará la participación de organismos no gubernamentales ambientalistas, de organismos empresariales y el sector académico.

Participación de la Comunidad.

Art. 10. - El Ministerio del Medio Ambiente y en lo que corresponda, las demás instituciones del Estado, adoptarán políticas y programas específicamente dirigidos a promover la participación de las comunidades en actividades y obras destinadas a la prevención del deterioro ambiental.

Obligación de Elaborar Planes de Prevención y Contingencia Ambiental.

Art. 55. - El Ministerio, en coordinación con el Comité de Emergencia Nacional,

elaborará el Plan Nacional de Prevención y Contingencia Ambiental, siendo éste último el que lo ejecutará. El Plan pondrá énfasis en las áreas frágiles o de alto riesgo, de acuerdo a un Mapa Nacional de Riesgo Ambiental que será elaborado por el Ministerio con el apoyo de las instituciones especializadas.

Las instituciones, públicas o privadas que realizan procesos peligrosos o manejan sustancias o desechos peligrosos, o se encuentran en zonas de alto riesgo, que ya estén definidas en el Mapa establecido en el inciso anterior, están obligadas a incorporar el Plan Nacional de Prevención y Contingencia Ambiental en planes institucionales de prevención y contingencia en sus áreas y sectores específicos de acción y desempeño.

Cuando se trate de instituciones privadas deberán de rendir fianza que garantice el establecimiento de su Plan Institucional de prevención y Contingencia incurriendo en responsabilidad administrativa quien tenga la obligación y no elabore dicho plan.

Para la obtención del correspondiente permiso ambiental las empresas interesadas deberán establecer su plan institucional de prevención y contingencia.

2.1.2. MARCO LEGAL RESPECTO A LA PREVENCIÓN.

Respecto a la prevención y control de la contaminación producida por la generación de las sustancias, residuos y desechos peligrosos en el territorio Salvadoreño; está contemplado dentro del marco legislativo de la Ley de Medio Ambiente de El Salvador en el título V: **Prevención y Control de la Contaminación.**

LEY DE MEDIO AMBIENTE DE EL SALVADOR. DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador, lunes 4 de mayo de 1998.

Deberes de las Personas e Instituciones del Estado.

Art. 42.- Toda persona natural o jurídica, el Estado y sus entes descentralizados están obligados, a evitar las acciones deteriorantes del medio ambiente, a prevenir, controlar, vigilar y denunciar ante las autoridades competentes la contaminación que pueda perjudicar la salud, la calidad de vida de la población y los ecosistemas, especialmente las actividades que provoquen contaminación de la atmósfera, el agua, el suelo y el medio costero marino.

Programas de Prevención y Control de la Contaminación.

Art. 43.- El Ministerio elaborará, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los entes e instituciones del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, programas para prevenir y controlar la contaminación y el cumplimiento de las normas de calidad. Dentro de los mismos se promoverá la introducción gradual de programas de autorregulación por parte de los titulares de actividades, obras o proyectos.

CAPITULO II ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL

APROBACIÓN DE LAS NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL

Art. 44.-. El Ministerio, en coordinación con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, velaran por el cumplimiento de las normas técnicas de calidad ambiental. Un reglamento especial aprobado por el Presidente de la República contendrá dichas normas.

REVISIÓN DE LAS NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL

Art. 45.-. Es obligación del Ministerio, revisar periódicamente las normas técnicas de calidad ambiental, a fin de proponer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología la readecuación necesaria de acuerdo a los cambios físicos, químicos, biológicos, económicos y tecnológicos.

CAPITULO III PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN INVENTARIOS DE EMISIONES Y MEDIOS RECEPTORES.

Art. 46.- Para asegurar un eficaz control de protección contra la contaminación, se establecerá, por parte del Ministerio en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y con las autoridades competentes en materia de normatividad del uso o protección del agua, el aire y el suelo, la capacidad de estos recursos como medios receptores, priorizando las zonas del país más afectadas por la contaminación. Para ello, recopilará la información que permita elaborar en forma progresiva los inventarios de emisiones y concentraciones en los medios receptores, con el apoyo de las instituciones integrantes del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, a fin de sustentar con base científica el establecimiento y adecuación de las normas técnicas de calidad del aire, el agua y el suelo.

PROTECCIÓN DE LA ATMÓSFERA.

Art.- 47.- La protección de la atmósfera se regirá por los siguientes criterios básicos: a) Asegurar que la atmósfera no sobrepase los niveles de concentración permisibles de contaminantes, establecidos en las normas técnicas de calidad del aire, relacionadas con sustancias o combinación de estas, partículas, ruidos, olores, vibraciones, radiaciones y alteraciones lumínicas, y provenientes de fuentes artificiales, fijas o móviles; b) Prevenir, disminuir o eliminar gradualmente las emisiones contaminantes en la atmósfera en beneficio de la salud y el bienestar humano y del ambiente; y c) El Ministerio, con apoyo del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, elaborara y coordinara la ejecución, de Planes Nacionales para el Cambio Climático y la Protección de la Capa de Ozono, que faciliten el cumplimiento de los compromisos internacionales ratificados por El Salvador.

PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.

Art. 48.- El Ministerio promoverá el manejo integrado de cuencas hidrográficas, una ley especial regulará esta materia. El Ministerio creará un comité interinstitucional nacional de planificación, gestión y uso sostenible de cuencas hidrográficas. Además promoverá la integración de autoridades locales de las mismas.

CRITERIOS DE SUPERVISIÓN.

Art. 49.- El Ministerio será responsable de supervisar la disponibilidad y la calidad del agua. Un reglamento especial contendrá las normas técnicas para tal efecto, tomando en consideración los siguientes criterios básicos: a) Garantizar, con la participación de los usuarios, la disponibilidad, cantidad y calidad del agua para el consumo humano y otros usos, mediante los estudios y las directrices necesarias; b) Procurar que los habitantes, utilicen prácticas correctas en el uso y disposición del recurso hídrico; c) Asegurar que la calidad del agua se mantenga dentro de los niveles establecidos en las normas técnicas de calidad ambiental; d) Garantizar que todos los vertidos de sustancias contaminantes, sean tratados previamente por parte de quien los ocasionare; y e) Vigilar que en toda actividad de reutilización de aguas residuales, se cuente con el Permiso Ambiental correspondiente, de acuerdo a lo establecido en esta Ley.

PROTECCIÓN DEL SUELO.

Art. 50.- La prevención y control de la contaminación del suelo, se regirá por los siguientes criterios: a) El Ministerio elaborará las directrices para la zonificación ambiental y los usos del suelo. El Gobierno central y los Municipios en la formulación de los planes y programas de desarrollo y ordenamiento territorial estarán obligados a cumplir las directrices de zonificación al emitir los permisos y regulaciones para el establecimiento de industrias, comercios, vivienda y servicios, que impliquen riesgos a la salud, el bienestar humano o al medio ambiente; b) Los habitantes deberán utilizar prácticas correctas en la generación, reutilización,

almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos domésticos, industriales y agrícolas; c) El Ministerio promoverá el manejo integrado de plagas y el uso de fertilizantes, fungicidas y plaguicidas naturales en la actividad agrícola, que mantengan el equilibrio de los ecosistemas, con el fin de lograr la sustitución gradual de los agroquímicos por productos naturales bioecológicos; y d) El Ministerio en cumplimiento de la presente ley y sus reglamentos vigilará y asegurará que la utilización de agroquímicos produzca el menor impacto en el equilibrio de los ecosistemas. Una ley especial contendrá el listado de productos agroquímicos y sustancias de uso industrial cuyo uso quedará prohibido.

2.1.3. MARCO LEGAL RESPECTO AL MANEJO, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL.

En el Marco Legal de la Ley de Medio Ambiente de El Salvador, en el Capítulo V, titulado: ***Riesgos Ambientales y Materiales Peligrosos***, en los artículos 52, 57, 58 y 60, se hace referencia al manejo, transporte, almacenamiento y disposición final de los desechos peligrosos. A continuación se detallan los artículos 52, 57, 58 y 60 extraídos de la Ley del Medio Ambiente.

LEY DE MEDIO AMBIENTE DE EL SALVADOR. DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador, lunes 4 de mayo de 1998.

Contaminación y Disposición Final de Desechos Sólidos

Art. 52.- El Ministerio promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos. Para lo anterior se formulará y aprobará un programa nacional para el manejo

integral de los desechos sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final.

Introducción, Transito, Distribución y Almacenamiento de Sustancias Peligrosas.

Art. 57. - La introducción, tránsito, distribución y almacenamiento de sustancias peligrosas será autorizada por el Ministerio, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el Ministerio de Economía y el Consejo Superior de Salud Pública; un reglamento especial regulará el procedimiento para esta materia.

Desechos Peligrosos.

Art. 58.- El Ministerio, en coordinación con los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social, Economía y las municipalidades, de acuerdo a las leyes pertinentes y reglamentos de los mismos, regulará el manejo, almacenamiento y disposición final de desechos peligrosos producidos en el país.

Contaminación por sustancias, residuos y desechos peligrosos.

Art. 60.- Toda persona natural o jurídica que use, genere, recolecte, almacene, reutilice, recicle, comercialice, transporte, haga tratamiento o disposición final de sustancias, residuos y desechos peligrosos, deberá obtener el Permiso Ambiental correspondiente, de acuerdo lo establecido en esta ley.

El Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos Decreto N°41 de El Salvador, que como su nombre lo indica, trata en detalle todos los aspectos que se deben de tomar en cuenta para poder manejar los desechos peligrosos producidos en el país. Toda la gestión adecuada de Desechos Peligrosos es ampliamente abordada en este Reglamento, así por ejemplo detalla las obligaciones que tiene tanto el importador como el exportador para poder realizar un embarque de desechos peligrosos, siempre y cuando también cumplan con los lineamientos establecidos en los Convenios

Internacionales firmados por el país en esta materia, tal es el caso del **Convenio de Basilea** sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos sobre los Desechos Peligrosos y su Eliminación.

En los Capítulos III y IV de este reglamento se abordan los temas relacionados a la **Generación de Residuos Peligrosos** (responsabilidades y clasificación); en el Capítulo V los temas de **Transporte, Almacenamiento, Disposición y Manejo Ambientalmente Racional de los Desechos Peligrosos**. El Capítulo VII trata del **Transporte Internacional De Desechos Peligrosos**. A su vez, en el Capítulo VIII que trata de **Disposiciones Comunes para Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos**, en donde se detalla la forma de cómo identificar el Transporte de los desechos según el tipo de material y las propiedades que este contenga. Esta identificación es importante, ya que es una forma de comunicar tanto al transportista como a la población del contenido que se está transportando y así tomar las debidas precauciones del caso. A continuación se detallan algunos artículos del reglamento.

REGLAMENTO ESPECIAL EN MATERIA DE SUSTANCIAS, RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS DECRETO N°41.

CAPITULO III

DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS.

Responsabilidad del Generador y demás agentes del proceso.

Art. 17.- Los generadores de residuos peligrosos, así como las personas naturales o jurídicas que usen, generen, recolecten, almacenen, reutilicen, reciclen, comercialicen, transporten o realicen tratamiento de dichos residuos, serán responsables del cumplimiento de las disposiciones de la Ley, de este Reglamento y de las reglas técnicas que de él se deriven, estando obligados a determinar su peligrosidad y a registrarse en el Consejo, así como a mantenerse actualizados en dicho Registro.

Art. 19.- El generador deberá remitir al Ministerio un informe semestral sobre los movimientos que hubiere efectuado, durante dicho período, con sus residuos peligrosos.

Obligaciones del generador.

Art. 22.- El generador de residuos peligrosos deberá:

- a. Manejar segregadamente los residuos peligrosos que no sean compatibles entre si.
- b. Envasar sus residuos peligrosos en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad, plena identificación de su estado físico y sus características de peligrosidad e incompatibilidad.
- c. Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento que le corresponda; y
- d. Mantener y almacenar sus residuos peligrosos en condiciones de seguridad y en áreas que reúnan los requisitos previstos al respecto.

CAPITULO IV

DE LA GENERACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS.

Desechos Peligrosos.

Deberes del generador.

Art. 24.- La responsabilidad del manejo y disposición final de los desechos peligrosos corresponde al titular de la actividad, obra o proyecto.

De la preferencia del lugar de tratamiento.

Art. 25.- Cualquier proceso de tratamiento de desechos peligrosos debe realizarse preferentemente y cuando ello sea posible, en el lugar de su generación.

Art. 26.- Los titulares de actividades, obras o proyectos relacionados con desechos peligrosos, serán responsables de obtener todas las autorizaciones necesarias en caso de exportación y de cumplir con lo dispuesto en los Artículos 4, 6 y 7 del Convenio de Basilea.

Del mismo modo, el Ministerio no autorizará la exportación de desechos peligrosos, cuando se contemple su reimportación o cuando el país de destino exija reciprocidad o implique o pueda inducir a un incumplimiento de las obligaciones contraídas por El Salvador al ratificar los instrumentos internacionales que regulan esta materia.

CAPITULO V TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO, DISPOSICIÓN Y MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS DESECHOS PELIGROSOS

Del manejo de desechos peligrosos.

Art. 29.- La gestión de los desechos peligrosos deberá ser realizada de conformidad al presente Reglamento, a las reglas técnicas y a las normas técnicas de calidad ambiental aplicables en el país, en estrecha coordinación con los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social, de Agricultura y Ganadería, con el Ministerio de Economía, el Viceministerio de Transporte, y las municipalidades.

Del Transporte

Art. 33.- No es permitido el transporte de desechos peligrosos por vía aérea, excepto cantidades pequeñas que sean aceptadas por las empresas de transporte aéreo. En ese caso, para la emisión del Permiso Ambiental el titular de la actividad deberá presentar la aceptación por escrito de la empresa de transporte aéreo. Serán aplicables las restricciones al transporte de los desechos, contempladas en el Convenio de Basilea y en los demás instrumentos internacionales pertinentes, aplicables en El Salvador.

CAPITULO VI TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS PELIGROSOS

Tratamiento previo

Art. 34- El tratamiento previo, necesario para algunos desechos peligrosos, se orientará a reducir su volumen, aumentando su concentración, o a disminuir su

grado de peligrosidad, por solidificación, por procesos físicos, químicos, bioquímicos o biotecnológicos, o la combinación de los anteriores.

Tratamiento Destructivo

Art. 35.- La pirólisis, la incineración u otro método destructivo de desechos peligrosos debe ser realizada en lugares autorizados para tal efecto, evitando la contaminación ambiental.

Disposición final

Art. 36.- De conformidad al Art. 21 letra d) de la Ley, los sistemas de disposición final, aplicables a los desechos peligrosos, son los confinamientos controlados. En el caso de desechos derivados de agroquímicos, su confinamiento será específico y tales desechos no podrán combinarse con aquéllos de otra naturaleza o características.

Obligaciones de tratamiento.

Art. 42.- Cuando por su peligrosidad, el Ministerio establezca que determinados desechos peligrosos no deben ser confinados, el titular de la generación deberá responsabilizarse de su tratamiento o eliminación ambientalmente adecuada, en un plazo establecido en el Permiso Ambiental correspondiente.

CAPITULO VII

DEL TRANSPORTE INTERNACIONAL DE DESECHOS PELIGROSOS

De la exportación de desechos peligrosos

Art. 48.- Para la exportación de desechos peligrosos es necesario el Permiso Ambiental correspondiente, emitido por el Ministerio, sin perjuicio de cumplir con otros requisitos de la legislación competente, previa presentación del consentimiento expreso del país receptor, de acuerdo con el Artículo 4 del Convenio de Basilea.

CAPITULO VIII

Procesos de importación y exportación

Art. 51.- Los procesos de importación y exportación de sustancias y residuos peligrosos; la exportación de desechos peligrosos, su transporte y su eliminación, se regirán por las leyes y normas jurídicas internas de El Salvador, incluyéndose como parte de ellas, el Convenio de Basilea y todo otro instrumento internacional en la materia, con efectos legales en El Salvador.

Control de Transporte

Art. 72.- El transporte y los movimientos dentro del territorio nacional de sustancias, residuos y desechos peligrosos, deberán ser controlados, de acuerdo con las normas jurídicas nacionales, y tomando como base los procedimientos internacionales mencionados en el presente reglamento y en instrumentos internacionales en la materia.

Cuando una sustancia, residuo o desecho sea trasladado a través de una frontera nacional, quien efectúa el traslado, deberá dar la información detallada acerca de su composición, rutas de desplazamiento, y seguro de daños y perjuicios a terceros. En el caso de los residuos peligrosos se deberán cumplir las obligaciones derivadas del Convenio de Basilea.

Dentro de toda la política nacional de medio ambiente y en cada uno de sus instrumentos jurídicos resalta de manera especial la forma adecuada de almacenamiento de las sustancias, residuos y desechos peligrosos, ya sea para, que la vía sea su reuso o reciclaje o procurar buscar un sitio de disposición final adecuado.

2.1.4. NORMA DE AGUAS RESIDUALES, DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.

La norma NSO 13.49.01:09, fue adoptada de la Propuesta de Norma del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Para su preparación, se consultó la guía para la calidad de agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la EPA (Standard Methods), que determina máximos y mínimos de contaminación permisibles. Este documento aún se encuentra en proceso de sectorización. La norma establece “Las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores”, de manera que no causen efectos negativos, tales como: color, olor, turbiedad, radiactividad, explosividad y otros. Las tablas incluyen lo siguiente:

- **Parámetro sobre Valores Permisibles:** para Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor.
- **Requerimientos para toma de muestras:** recipientes para muestreo y preservantes de componentes de agua.
- **Métodos de Análisis:** para la determinación de los parámetros contemplados en la Norma.

2.1.5. LAS ISO 14000.

En la década de los 90, en consideración a la problemática ambiental, muchos países comienzan a implementar sus propias normas ambientales las que variaban mucho de un país a otro. De esta manera se hacía necesario tener un indicador universal que evaluara los esfuerzos de una organización por alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada.

En este contexto, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) fue invitada a participar a la Cumbre de la Tierra, organizada por la Conferencia sobre

el Medio Ambiente y el Desarrollo en Junio de 1992 en Río de Janeiro -Brasil-. Ante tal acontecimiento, ISO se compromete a crear normas ambientales internacionales, después denominadas, ISO 14000.

Se debe tener presente que las normas estipuladas por ISO 14000 no fijan metas ambientales para la prevención de la contaminación, ni tampoco se involucran en el desempeño ambiental a nivel mundial, sino que, establecen herramientas y sistemas enfocadas a los procesos de producción al interior de una empresa u organización, y de los efectos o externalidades que de estos deriven al medio ambiente.

En octubre de 1996, el lanzamiento del primer componente de la serie de estándares ISO 14000 salió a la luz, a revolucionar los campos empresariales, legales y técnicos. Estos van a revolucionar la forma en que ambos, gobiernos e industria, van a enfocar y tratar asuntos ambientales. A su vez, estos estándares proveerán un lenguaje común para la gestión ambiental al establecer un marco para la certificación de sistemas de gestión ambiental por terceros y al ayudar a la industria a satisfacer la demanda de los consumidores y agencias gubernamentales de una mayor responsabilidad ambiental.

Cabe resaltar dos vertientes de la ISO 14000:

1. La certificación del Sistema de Gestión Ambiental, mediante el cual las empresas recibirán el certificado.
2. El Sello Ambiental, mediante el cual serán certificados los productos ("sello verde").

La norma ISO 14000 es un conjunto de documentos de gestión ambiental que, una vez implantados, afectará todos los aspectos de la gestión de una organización en sus responsabilidades ambientales y ayudará a las organizaciones a tratar sistemáticamente asuntos ambientales, con el fin de

mejorar el comportamiento ambiental y las oportunidades de beneficio económico. Los estándares son voluntarios, no tienen obligación legal y no establecen un conjunto de metas cuantitativas en cuanto a niveles de emisiones o métodos específicos de medir esas emisiones. Por el contrario, ISO 14000 se centra en la organización proveyendo un conjunto de estándares basados en procedimiento y unas pautas desde las que una empresa puede construir y mantener un sistema de gestión ambiental.

BENEFICIOS.

Para las empresas: la adopción de las Normas Internacionales facilita a los proveedores basar el desarrollo de sus productos en el contraste de amplios datos de mercado de sus sectores, permitiendo así a los industriales concurrir cada vez más libremente y con eficacia en muchos más mercados del mundo.

Para los gobiernos: Las Normas Internacionales proporcionan las bases tecnológicas y científicas que sostienen la salud, la legislación sobre seguridad y calidad medio ambiental.

Para los países en vía de desarrollo: las Normas Internacionales constituyen una fuente importante del know-how tecnológico, definiendo las características que se esperan de los productos y servicios a ser colocados en los mercados de exportación, las Normas Internacionales dan así una base a estos países para tomar decisiones correctas al invertir con acierto sus escasos recursos y así evitar malgastarlos.

Para los consumidores: la conformidad de productos y servicios a las Normas Internacionales proporciona el aseguramiento de su calidad, seguridad y fiabilidad.

Para cada persona: las Normas Internacionales pueden contribuir a mejorar la calidad de vida en general asegurando que el transporte, la maquinaria e instrumentos que usamos son sanos y seguros.

Para el planeta que habitamos: porque al existir Normas Internacionales sobre el aire, el agua y la calidad de suelo, así como sobre las emisiones de gases y la radiación, podemos contribuir al esfuerzo de conservar el medio ambiente.

2.1.6. INCENTIVOS Y DESINCENTIVOS AMBIENTALES.

En nuestro país no existen incentivos económicos directamente establecidos que ayuden a promover un manejo integral de estos residuos peligrosos, sin embargo, dentro de los principios de política nacional de medio ambiente señalados en el artículo 2 de la Ley del Medio Ambiente, inciso I), señala: *“Adoptar regulaciones que permitan la obtención de metas encaminadas a mejorar el medio ambiente, propiciando una amplia gama de opciones posibles para su cumplimiento, apoyados por incentivos económicos que estimulen la generación de acciones minimizantes de los efectos negativos al medio ambiente”*. También, dentro de la Ley del Medio Ambiente en el Capítulo VI Título III se establecen las posibles vías de incentivos y desincentivos económicos.

LEY DE MEDIO AMBIENTE DE EL SALVADOR. DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador lunes 4 de mayo de 1998.

Incentivos y Desincentivos Ambientales.

Art. 32: El Ministerio, conjuntamente con el Ministerio de Economía y el de Hacienda, previa consulta con el Consejo Nacional de Desarrollo Sostenible, elaborará programas de incentivos y desincentivos ambientales para facilitar la reconversión de procesos y actividades contaminantes, o que hagan uso excesivo o ineficiente de los recursos naturales.

Estos programas se incluirán, además en las leyes que contengan beneficios fiscales para quienes realicen procesos, actividades, proyectos o productos ambientalmente sanos o apoyen la conservación de los recursos naturales.

El Banco Multisectorial de Inversiones establecerá líneas de crédito para que el sistema financiero apoye a la pequeña, mediana y microempresa, a fin de que puedan oportunamente adaptarse a las disposiciones de la presente ley.

Apoyo a las actividades productivas ambientalmente sanas.

Art. 33: El Ministerio estimulará a los empresarios a incorporar en su actividad productiva, procesos y tecnologías ambientalmente adecuadas, utilizando los programas de incentivos y desincentivos, y promoviendo la cooperación nacional e internacional financiera y técnica.

En el **Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente de El Salvador Decreto N°17**, se aborda el tema de incentivos y desincentivos ambientales. Dichas propuestas, contemplan tanto incentivos económicos como ambientales para promover el manejo del uso de tecnologías limpias. En el Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente de El Salvador, en el Capítulo VI que trata de los Incentivos y desincentivos económicos, en el Art. 54 señala los objetivos del programa de incentivos; a su vez, en el Artículo 55 establece los tipos de instrumentos que pueden tomarse en dicho programa de incentivos.

REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE DECRETO No. 17, Decreto Legislativo No. 233, de fecha 2 de marzo de 1998, publicado en el Diario Oficial No. 79, Tomo No. 339, del 4 de mayo del mismo año, se emitió la Ley del Medio Ambiente.

CAPITULO IV

Incentivos y Desincentivos Ambientales.

Art. 54.- El programa de incentivos ambientales tendrá los siguientes objetivos como mínimo:

- a. Promover la reconversión de actividades y procesos contaminantes o que hagan uso excesivo o ineficiente de los recursos naturales;

b. Estimular a los empresarios a incorporar en sus actividades productivas, procesos y servicios y tecnologías menos contaminantes, a través de la gestión de la prevención de la contaminación hacia procesos de producción más limpia, por medio de cooperaciones técnica y financiera, nacional e internacional;

c. Promover mecanismos de financiamiento especiales para el medio ambiente, para cubrir los costos de readecuación, con recursos privados, de cooperación internacional y con fondos propios.

d. Apoyar a los gobiernos municipales, a los sectores gubernamentales y no gubernamentales en la gestión de recursos, a través de las cooperaciones técnica y financiera, nacional e internacional, para ser destinada a actividades y proyectos de conservación, recuperación y producción más limpia.

e. Posibilitar la información sobre nuevos procesos de producción limpia y de nuevos mercados ecológicos.

Art. 55.- Los instrumentos para el programa de incentivos y desincentivos ambientales podrán ser de mercado, de naturaleza fiscal, crediticia, voluntarios, de servicios ambientales y otros afines a la materia. Su aplicación deberá someterse a un proceso de evaluación de los impactos económicos, sociales, jurídicos y ambientales.

2.1.7. PREMIO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE.

En El Salvador no existen incentivos económicos para que las empresas ejecuten procesos de producción más limpias o para que disminuyan los costos del tratamiento y/o recolección de desechos peligrosos. Sin embargo, existen incentivos ambientales como por ejemplo, el Premio Nacional de Medio Ambiente, con el cual se ha motivado a las empresas a mejorar sus sistemas de producción, bajo el concepto de producción más limpia, lo cual incluye la gestión

ambientalmente adecuada de los desechos. Las empresas pueden participar siempre y cuando tenga el Permiso Ambiental de Funcionamiento establecido en el Artículo 37 de la Ley del Medio Ambiente y en el Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente Art. 56.

LEY DE MEDIO AMBIENTE. DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador, lunes 4 de mayo de 1998.

Premio Nacional de Medio Ambiente.

Art. 37: Créase el Premio Nacional del Medio Ambiente, que será otorgado anualmente por el Presidente de la República, a las personas, empresas, proyectos o instituciones, que durante el año se hayan destacado en actividades de protección del medio ambiente o en la ejecución de procesos ambientalmente sanos en el país.

REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE, DECRETO No. 17, Decreto Legislativo No. 233, de fecha 2 de marzo de 1998, publicado en el Diario Oficial No. 79, Tomo No. 339, del 4 de mayo del mismo año, se emitió la Ley del Medio Ambiente.

Premio Nacional del Medio Ambiente.

Art. 56: De acuerdo a lo dispuesto en el Art. 37 de la Ley, el Premio Nacional del Medio Ambiente constituye un incentivo a personas naturales, corporaciones, fundaciones, instituciones públicas o privadas, tanto nacionales como extranjeras; éstas últimas con domicilio permanente en el país, que por medio de sus procesos productivos y proyectos, realicen contribuciones sobresalientes en favor de la conservación del medio ambiente y del uso sostenible de los recursos naturales. Para otorgar este Premio, se nombrará un Comité Organizador y un jurado calificador. El primero tendrá como responsabilidad, la organización del evento, y el segundo, que es nombrado por el Ministro de Medio Ambiente y Recursos

Naturales con Profesionales, con capacidad y experiencia reconocidas en materia ambiental, el cual se encargará de la evaluación de los trabajos propuestos.

Los procedimientos para el otorgamiento del Premio, se establecerán en las bases de competencia, las cuales serán preparadas por el Ministerio emitiendo Decreto Ejecutivo. La información de las propuestas será confidencial y el fallo no admitirá recurso alguno.

2.2. ACUERDOS INTERNACIONALES.

El Salvador ha firmado y ratificado acuerdos internacionales que lo obligan a cumplir con los compromisos adquiridos y según el caso, adoptar medidas apropiadas o de otro carácter incluso legislativo, para operativizar internamente la normativa internacional, tales como el convenio de Basilea, el acuerdo regional sobre el movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos, por lo tanto es de hacer énfasis en estos puntos.

2.2.1. ACUERDO REGIONAL SOBRE EL MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO DE DESECHOS PELIGROSOS.

El 11 de diciembre de 1992 se firmó el **Acuerdo Regional sobre el Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos**, ratificado el 21 de enero de 1993.

El Acuerdo lo constituyen los Gobiernos de las Repúblicas de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. El surgimiento de este acuerdo se debe a que se consideró que existe evidencia de gestiones por parte de personas naturales o jurídicas para la importación de desechos peligrosos hacia la región centroamericana y ante esta situación se reconoce la necesidad de tomar acciones inmediatas ante el tráfico ilegal de tales desechos en la región. Además, en dicho Acuerdo se reconoce la soberanía de los Estados para prohibir la importación y el tránsito de desechos peligrosos a través de sus territorios por razones de seguridad sanitarias y ambientales. Cabe mencionar que este Acuerdo

sólo se aplicará al Movimiento transfronterizo de Desechos Peligrosos dentro de la región Centroamericana.

ACUERDO REGIONAL SOBRE EL MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO DE DESECHOS PELIGROSOS.

Obligaciones Generales.

Art. 3:

Prohibición de Importar Desechos Peligrosos:

Los países centroamericanos firmantes de este Acuerdo tomarán todas las medidas legales, administrativas u otras que fueren apropiadas dentro de las áreas bajo su jurisdicción, para prohibir la importación y tránsito de desechos considerados peligrosos, hacia Centroamérica desde países que no sean partes de este Acuerdo.

Adopción de Medidas Preventivas:

Cada una de las partes se esforzará para adoptar y aplicar el enfoque preventivo y precautorio a los problemas de contaminación. Dicho enfoque tendrá por objeto, entre otras cosas, impedir la liberación hacia el ambiente de sustancias que podrían causar daño a los seres humanos o al medio ambiente. Las partes cooperarán entre sí para tomar las medidas apropiadas para aplicar el enfoque precautorio a la prevención de la contaminación mediante la aplicación de producción limpia o en su defecto un enfoque alternativo a emisiones permisibles o tolerables.

Obligaciones relativas al Transporte y Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos generados por las Partes:

Las partes no permitirán la exportación de desechos peligrosos a Estados que hayan prohibido su importación, según su legislación interna, al haber suscrito acuerdos internacionales al respecto, o si se considera que dichos desechos no serán manejados de manera ambientalmente saludable, de acuerdo a las pautas y

principios adoptados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Tráfico Legal.

Art. 4:

1. Se considera tráfico ilegal conforme se ha definido en este Acuerdo.
2. Cada parte impulsará normas específicas, en su legislación nacional, que impongan sanciones penales a todos aquellos que hubieren planeado, cometido o contribuido en dicho tráfico ilegal. Estas penalidades serán lo suficientemente severas como para castigar y desalentar dicha conducta.

LEY DE MEDIO AMBIENTE. DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador Lunes 4 de Mayo de 1998.

Introducción, tránsito, distribución y almacenamiento de Sustancias Peligrosas.

Art. 57: La introducción, tránsito, distribución y almacenamiento de sustancias peligrosas será autorizada por el Ministerio, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el Ministerio de Economía y el Consejo Superior de Salud Pública; un reglamento especial regulará el procedimiento para esta materia.

Prohibición de introducir Desechos Peligroso

Art. 59: Se prohíbe la introducción en el territorio nacional de desechos peligrosos, así como su tránsito, liberación y almacenamiento.

Dentro de la legislación ambiental del país se han establecido definiciones para categorizar cuando un material peligroso se convierte en desecho o residuo y cuando es sustancia, con el objeto de unificar terminologías y proceder adecuadamente según sea el caso. A continuación se presentan éstas definiciones.

Por vía jurídica, en el país se cuenta con el Código Penal, en el cual, en el Título X donde trata de Delitos Relativos a la ordenación del territorio, la protección de los recursos naturales y al medio ambiente, en el Art. 262, sección B, también hace referencia al comercio y transporte de sustancias peligrosas. Este artículo reza de la siguiente manera: “ El que comercialice, transporte o introdujere al país sustancias o materiales calificados como peligroso en los tratados internacionales o la Ley de Medio Ambiente, con infracción de las reglas de Seguridad establecidas, incurrirá en pena de prisión de seis a diez años.”

En cuanto a la existencia de una regulación específica sobre el manejo adecuado de las pilas y baterías usadas, actualmente no existe ningún tipo de norma, ley, ordenanza o regulación. Tampoco podemos hablar de la existencia de una propuesta de norma o regulación en materia específica de este desecho. Sin embargo, lo único que regula el manejo de pilas y baterías usadas en el país en forma indirecta, así como de cualquier otro desecho peligroso, son todos los instrumentos legales como la Ley del Medio Ambiente y su Reglamento, El Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos Decreto N°41, en donde se incluye una lista de desechos peligrosos a controlar, Normas Salvadoreña de emisiones atmosféricas de fuentes fijas, Norma Salvadoreña de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor y el ya mencionado Convenio de Basilea y el Acuerdo Centroamericano.

Los parámetros legales a seguir hacia el logro de un proyecto de gestión ambiental, están sustentados en varias normativas que hablan sobre la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales. No obstante, la Ley de Medio Ambiente aprobada en marzo de 1998, aglutina toda la regulación por recursos, definiendo algunos pasos hacia un proyecto de Gestión Ambiental, tales como se indica la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Regulaciones por recursos de la Ley de Medio Ambiente. Marzo, 1998 (Ley de Medio Ambiente, El Salvador, 1998).

<i>Regulación</i>	<i>Artículo</i>	<i>Disposición</i>
Diagnósticos Ambientales	Art. 107. Título XIV	Disposiciones transitorias y finales: Aplicable a actividades, obras o proyectos públicos o privados, que se encuentren funcionando al entrar en vigencia la ley, el plazo dado para su elaboración es de un máximo de dos años. En casos de actividades, obras o proyectos en operación que generen productos peligrosos y emisiones altamente contaminantes, o usen procesos peligrosos, el MARN puede establecer plazos menores hasta por un año.
Programas de Adecuación Ambiental	Art. 108	Establece que: Deberá contener todas las medidas para reducir los niveles de contaminación para atenuar o compensar, según sea el caso, los impactos negativos en el ambiente. El plazo dado para la adecuación es de tres años máximo. En el caso de actividades, obras o proyectos en operación que elaboren productos peligrosos, usen procesos o generen emisiones altamente contaminantes, el plazo podrá reducirse.
Planes de Aplicación voluntaria	Art. 109	Implica: La realización de una Auditoria Ambiental con cuyos resultados debe elaborarse un Plan de Adecuación Ambiental (con la dirección y coordinación del MARN). El plazo no podrá ser mayor de dos años. ⁹
Suspensión de Actividades	Art. 110	Las actividades, obras o proyectos que se encuentren operando, y no cumplan lo establecido en los Arts. 107, 108 y 109, serán suspendidos hasta que se cumplan con las exigencias legales establecidas.
Problemas de índole legal, de responsabilidad civil	Art. 111	Establece que: Los Juzgados de 1ª Instancia y a las Cámaras de 2ª Instancia, con competencia en materia civil o mixtos, corresponderá conocer sobre infracciones cometidas a la ley y reglamentos, mientras no sean creados los tribunales referidos en el Art. 99 (Tribunales Agroambientales de 1ª Instancia, Cámaras Agroambientales de 2ª Instancia)
Deberes de las personas e instituciones del Estado	Art. 42	De los responsables: Personas Naturales, Jurídicas, el Estado y Entes descentralizados. Obligaciones: ✓ Evitar las acciones, deteriorantes del medio ambiente, ✓ Prevenir, controlar, vigilar y denunciar ante las autoridades competentes la contaminación.

Nota: Elaboración propia. Tabla resumen de regulaciones ambientales. (Evenor Velásquez, Irving Santana).

Tabla 2.2. Responsabilidades Administrativas, Civiles y Penales (Ley del Medio Ambiente).

<i>Regulación</i>	<i>Artículo</i>	<i>Disposición</i>
Responsabilidad administrativa y civil		Se considerarían responsabilidades administrativas y civiles, las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Acción u Omisión: de emisiones, vertimientos, disposición y descarga de sustancias o desechos. ✓ Efectos: que afecten la salud humana, pongan en riesgo o causaren daño al medio ambiente, afectare los procesos ecológicos esenciales, afectare la calidad de vida de la población. ✓ Obligación: restaurar el medio ambiente o ecosistema afectado. Se indemnizará al Estado y a los particulares por los daños y perjuicios causados (principio de la Política Nacional del Medio Ambiente, Art. 2, literal d).
Responsabilidad Civil	Art. 101	La acción civil de <u>reparación de daños ambientales causados a la comunidad</u> podrá ser ejercida por: <ul style="list-style-type: none"> ✓ La <u>persona natural o jurídica</u> que haya sufrido el daño de manera directa o indirecta. ✓ Por <u>5 ciudadanos miembros de una comunidad</u> que carezcan de personalidad jurídica. ✓ El <u>Fiscal General de la República</u>, así como la <u>Procuraduría de los Derechos Humanos</u>
Responsabilidad Penal	Art. 105	El que <u>infringiere disposiciones establecidas en la Ley del Medio Ambiente</u> , que incurriere en delito, será sancionado de conformidad a lo establecido en el Código Penal. CÓDIGO PENAL: Capítulo II de los delitos relativos a la naturaleza y el Medio Ambiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Contaminación Ambiental (Art. 255) ✓ Contaminación Ambiental Agravada (Art. 256) ✓ Contaminación Ambiental Culposa (Art. 257) ✓ Depredación de Bosques (Art. 258) ✓ Depredación de Flora Protegida (Art. 259) ✓ Depredación de Fauna (Art. 260) ✓ Depredación de Fauna Protegida (Art. 261) ✓ Quema de Rastrojos (Art. 262 "A") ✓ Comercio y Transporte de Sustancias Peligrosas (Art. 262 "B")
Infracciones Ambientales	Art. 87	Las infracciones ambientales se clasifican en: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Menos Grave: Art. 86, literales d), g), j), k), y l) Ley del Medio Ambiente. ✓ Graves: Art. 86, literales a), b), c), e), f), h), i) Ley del Medio Ambiente.
Aplicaciones de las Sanciones	Art. 88	Serán aplicadas por el MARN (previo cumplimiento del debido proceso legal, establecido en los artículos del 91 al 98 de la mencionada Ley).
Fijación de multas	Art. 89	Se establecen en salarios mínimos mensuales. Cada salario mínimo mensual es igual a 30 salarios mínimos diarios urbanos vigentes en San Salvador. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Infracción menos grave: de 2 a 100 salarios mínimos mensuales ✓ Menor: \$290.00 • Mayor: \$14,400.00 ✓ Infracciones graves: de 101 a 5000 salarios mínimos mensuales <ul style="list-style-type: none"> o Menor: \$14,400.00 • Mayor: \$720,000.00

La legislación ambiental salvadoreña, en el marco de la mejora ambiental, que se encuentra regulada en varias normativas, podría considerarse en base a la siguiente tabla.

Tabla 2.3. Legislación Ambiental Salvadoreña, marco de mejora ambiental. (Ley del Medio Ambiente).

Componente	Regulación	Disposición
AIRE	Código de Trabajo	Art. 17, Establece que todo proceso industrial que de origen a emanaciones o gases que contaminen o constituyan un peligro para la salud de los obreros o para la higiene de las poblaciones vecinas, debe contar con dispositivos que eviten dicho riesgo. Adiciones al Reglamento regulan todas las actividades de Seguridad e Higiene Industrial.
AGUA, AIRE Y SUELO	Código de Salud	Art. 56, literal h, establece que desarrollará programas para la eliminación y control de contaminación del agua de consumo del suelo y el aire. Art. 109, literal ch: Puede clausurarse los establecimientos industriales, cuando su funcionamiento constituya grave peligro para la salud. Art. 116 y 117. Clasifica como instalaciones peligrosas la que por la índole de los productos que elabora o la materia prima que utiliza, puede poner en grave peligro la salud y la vida del vecindario. Además de fijar las condiciones para manejar y almacenar las materias nocivas y peligrosas. Art. 78. El Ministerio, directamente o por medio de organismos competentes tomará las medidas que sean necesarias para proteger a la población de contaminantes tales como: humo, ruidos, vibraciones, olores desagradables, gases tóxicos, pólvora u otros atmosféricos.
	Reglamento de Tránsito y Seguridad Vial	Art. 228 y 229. Regula las emisiones de contaminantes ambientales como gases, humos y partículas y establece los niveles máximos permisibles para que un vehículo transite por las carreteras.
AGUA	Código de Salud	Art. 63. El agua destinada para el consumo humano deberá tener la calidad sanitaria que el Ministerio conceptúa como buena y exigirá el cumplimiento de las normas de calidad en todos los abastecimientos de agua utilizadas para el consumo humano. En tal virtud y para determinar periódicamente su potabilidad los propietarios o encargados de ellos permitirán las inspecciones del caso. Art. 64. No podrá efectuarse ninguna construcción, reparación o modificación de una obra pública o privada destinada a aprovechamiento de agua para consumo humano sin autorización del Ministerio, para lo cual deberá presentarse una solicitud con especificaciones de la obra y planos. Art. 67: Se prohíbe descargar residuos de cualquier naturaleza, aguas negras y servidas en acequias, quebradas, arenales, barrancas, ríos, lagos, esteros; proximidades de criaderos naturales o artificiales de animales destinados a consumo humano, depósitos o corrientes de agua para uso público, consumo humano o uso doméstico, usos agrícolas e industriales, etc. a menos que el Ministerio conceda permiso. Y Art. 69 sobre descargas de aguas negras y servidas.
		<i>Reglamento sobre la calidad de Agua y Control de Vertidos y las zonas de protección.</i> Norma el control de la calidad del agua en los desperdicios líquidos y las áreas protegidas. Legislación para controlar la contaminación de fuentes estacionarias está incluida en los Códigos de Salud y Municipales y en el Reglamento de Urbanismo y Construcción. Este esquema legal, presenta traslapes en mandatos y responsabilidades entre MAG, MOP, MSPAS, CEL, ANDA y Municipalidades.
	Ley de Riego	Establece preceptos que la regulan en cantidad y calidad

**Tabla 2.3. Legislación Ambiental Salvadoreña, marco de mejora ambiental.
(Ley del Medio Ambiente) (Continuación).**

<i>Componente</i>	<i>Regulación</i>	<i>Disposición</i>
SUELO, AGUA Y AIRE	Código de Salud	Art. 77. Los establecimientos que produzcan desechos que por su naturaleza o peligrosidad no deben entregarse al servicio público de aseo, deberán establecer un sistema de tratamiento autorizado por el Ministerio. Art. 56, establecimientos de control de contaminantes de agua, aire, suelo.
	Código de Salud	Sección Dieciséis. Establece las disposiciones para las condiciones del manejo de la Seguridad e Higiene Industrial. Art. 107-117.
	Ley Forestal 4, 45 y Ley de Riego	Contiene preceptos que pueden servir de base para desarrollar regulaciones y estrategias para promover el uso sostenible del recurso.
VARIOS	Código Municipal	Art. 4. Establece que compete a los municipios velar por el saneamiento ambiental, programas de salud y combate de enfermedades, el incremento y protección de recursos renovables (numeral 5 y 10) y la regulación de la actividad industrial.
	Reglamento Urbanismo y Construcción DUA-MOP	Regulaciones para la apertura de nuevas industrias (Decreto No. 69)

2.2.2. CONVENIO DE BASILEA.

Antes de entrar en vigencia la Ley del Medio Ambiente, el 22 de abril de 1990 se firmó el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación, el cual se ratificó el 24 de julio de 1991, por lo tanto se convierte automáticamente como ley de la República.

El Convenio de Basilea es un tratado ambiental global que regula estrictamente el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y estipula obligaciones a las partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente su disposición.

El Convenio es la respuesta de la comunidad internacional a los problemas causados por la producción mundial anual de 400 millones de toneladas de desechos considerados peligrosos para el ser humano o para el medio ambiente,

habida cuenta de sus características tóxicas, venenosas, explosivas, reactivas, corrosivas, inflamables o infecciosas.

Este reconoce que la forma más efectiva de proteger la salud humana y el medio ambiente de potenciales daños producidos por los desechos peligrosos se basa en la máxima reducción de su generación en cantidad y/o en peligrosidad.

Así, los principios básicos del Convenio de Basilea son:

- El tránsito transfronterizo de desechos peligrosos debe ser reducido al mínimo de forma consistente con su manejo ambientalmente apropiado;
- Los desechos peligrosos deben ser tratados y dispuestos lo más cerca posible de la fuente de su generación;
- Los desechos peligrosos deben ser reducidos y minimizados en su fuente.

Para lograr estos principios, la Convención pretende a través de su Secretaría controlar los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, monitorear y prevenir el tráfico ilícito, proveer asistencia en el manejo ambientalmente adecuado de los desechos, promover la cooperación entre las Partes y desarrollar Guías Técnicas para el manejo de los desechos peligrosos.

CONVENIO DE BASILEA sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación ratificado 24 de julio de 1991.

Artículo 4.

Obligaciones generales.

- 1. a)** Las partes que ejerzan su derecho a prohibir la importación de desechos peligrosos y otros desechos para su eliminación, comunicarán a las demás Partes su decisión de conformidad con el Artículo 13;
- b)** Las partes prohibirán o no permitirán la exportación de desechos

peligrosos o otros desechos a las partes que hayan prohibido la importación de esos desechos, cuando dicha prohibición se les haya comunicado de conformidad con el apartado a) del presente Artículo;

c) Las partes prohibirán o no permitirán la exportación de desechos peligrosos y otros desechos si el Estado de importación no da su consentimiento por escrito a la importación de que se trate, siempre que dicho Estado de importación no haya prohibido la importación de tales desechos.

2. Cada parte tomará las medidas apropiadas para:

a) Reducir al mínimo la generación de desechos en ella, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos y económicos;

b) Establecer instalaciones adecuadas de eliminación para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos, cualquiera que sea el lugar donde se efectúa su eliminación que, en la medida de lo posible, estará situado dentro de ella.

c) Velar porque las personas que participan en el manejo de los desechos peligrosos y otros desechos dentro de ella se adopten las medidas necesarias para impedir que ese manejo dé lugar a una contaminación y, en caso de que se produzca ésta, para reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el medio ambiente;

d) Velar porque el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos y otros desechos se reduzca al mínimo compatible con un manejo ambientalmente racional y eficiente de los desechos, y que se lleve a cabo de forma que protejan la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos que puedan derivarse de ese movimiento;

e) No permitir la exportación de desechos peligrosos y otros desechos a un Estado o grupo de Estados pertenecientes a una organización de integración económica y/o política que sean partes, particularmente a países en desarrollo, que hayan prohibido en su legislación todas la importaciones, o si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional, de conformidad con los criterios que adopten las partes en su primera reunión.

- 3.** Las partes considerarán que el tráfico ilícito de desechos peligrosos y otros desechos es delictivo.
- 4.** Toda parte adoptará las medidas jurídicas, administrativas y de otra índole que sean necesarias para aplicar y hacer cumplir las disposiciones del presente Convenio, incluyendo medidas para prevenir y reprimir los actos que contra vengan el presente Convenio.
- 5.** Ninguna parte permitirá que los desechos peligrosos y otros desechos se exporten a un Estado que no sea parte o se importen de un Estado que no sea parte.
- 6.** Las partes acuerdan no permitir la exportación de desechos peligrosos y otros desechos para su eliminación en la zona situada al sur de los 60° de latitud sur, sean o no esos desechos objeto de un movimiento transfronterizo.
- 7.** Además, toda parte:
 - a)** Prohibirá a todas las personas sometidas a su jurisdicción nacional, el transporte o la eliminación de desechos peligrosos y otros desechos, a menos que esas personas estén habilitadas o autorizadas para realizar ese tipo de operaciones;
 - b)** Exigirá que los desechos peligrosos y otros desechos que sean objeto de un movimiento transfronterizo se embalen, etiqueten y transporten de conformidad con los reglamentos y normas internacionales generalmente aceptados y reconocidos en materia de embalaje, etiquetado y transporte y teniendo debidamente en cuenta los usos internacionalmente admitidos al respecto;
- 8.** Toda parte exigirá que los desechos peligrosos y otros desechos, que se vayan a exportar, sean manejados de manera ambientalmente racional en el Estado de importación y en los demás lugares. En su primera Reunión las partes adoptarán directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los desechos sometidos a este convenio.
- 9.** Las partes tomarán las medidas apropiadas para que solo se permita el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos si:

- a) el Estado de exportación no dispone de la capacidad técnica ni de los servicios requeridos o de lugares de eliminación adecuados a fin de eliminar los desechos de que se trate de manera ambientalmente racional y eficiente; o
- b) los desechos de que se trate son necesarios como materias primas para las industrias de reciclado o recuperación en el Estado de importación; o
- c) el movimiento transfronterizo de que se trate se efectúa de conformidad con los otros criterios que puedan decidir las partes, a condición de que esos criterios no contradigan los objetivos de ese Convenio.

10. En ninguna circunstancia podrá transferirse a los Estados de importación o de tránsito la obligación que incumbe, con arreglo a este Convenio, a los Estados en los cuales se generan desechos peligrosos y otros desechos de exigir que tales desechos sean manejados en forma ambientalmente racional.

Artículo 6

Movimientos transfronterizos entre Partes

- 1.** El Estado de exportación notificará por escrito, o exigirá al generador o al exportador que notifique por escrito, por conducto de la autoridad competente de los Estados interesados cualquier movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos. Tal notificación contendrá las declaraciones y la información requeridas en el Anexo V A, escritas en el idioma del Estado de importación. Sólo será necesario enviar una notificación a cada Estado interesado.
- 2.** El Estado de importación responderá por escrito al notificador, consintiendo en el movimiento con o sin condiciones, rechazando el movimiento o pidiendo más información. Se enviará copia de la respuesta definitiva del Estado de importación a las autoridades competentes de los Estados interesados que sean Partes.
- 3.** El Estado de exportación no permitirá que el generador o el exportador inicie el movimiento transfronterizo hasta que haya recibido confirmación por escrito de que:
 - a) El notificador ha recibido el consentimiento escrito del Estado de importación, y
 - b) El notificador ha recibido del Estado de importación confirmación de la existencia de un contrato entre el exportador y el eliminador en el que se estipule

que se deberá proceder a un manejo ambientalmente racional de los desechos en cuestión.

4. Todo Estado de tránsito acusará prontamente recibo de la notificación al notificador, dentro de un plazo de 60 días consintiendo en el movimiento con o sin condiciones, rechazando el movimiento o pidiendo más información

5. Cuando, en un movimiento transfronterizo de desechos, los desechos no hayan sido definidos legalmente o no estén considerados como desechos peligrosos más que:

a) en el Estado de importación, las disposiciones del párrafo 9 de este Artículo aplicables al importador o al eliminador y al Estado de importación serán aplicables multas al exportador y al Estado de exportación, respectivamente, o

b) en el Estado de importación o en los Estados de importación y de tránsito que sean partes, las disposiciones de los párrafos 1, 3, 4 y 6 de este Artículo, aplicables al exportador y al Estado de importación, respectivamente, o

c) en cualquier Estado de tránsito que sea parte, serán aplicables las disposiciones del párrafo 4.

Artículo 7

Movimiento transfronterizo de una parte a través de Estados que no sean Partes

El párrafo 1 del Artículo 6 del presente Convenio se aplicará mutatis mutandis al movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos o de otros desechos de una parte a través de un Estado o Estados que no sean partes.

CAPITULO 3

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS EN LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

Actualmente en las prácticas de laboratorio de Ingeniería Química no hay un manejo adecuado de los desechos peligrosos generados. La mayoría de estos desechos generalmente son descartados a través del desagüe (en el caso de soluciones líquidas) o depositados en el basurero (en el caso de sólidos), es por eso que es muy importante tener una gestión del manejo de los desechos peligrosos; para que en cada práctica que se realice el estudiante conozca y sepa que hacer con el desecho que está generando y darle posteriormente un manejo adecuado.

3.1. ÁREA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.

En esta área no hay una metodología adecuada en el manejo de información respecto a la clasificación de las sustancias químicas por su peligrosidad, radioactividad, daño a la salud, corrosividad y grado de explosión. Los estantes que contienen los envases con las sustancias químicas no están ordenados en una forma adecuada para su manejo. No se cuenta con la totalidad de las hojas técnicas de las sustancias químicas, falta capacitación al personal del laboratorio respecto a actividades a realizar en caso de una emergencia tales como un derrame de alguna sustancia tóxica.

3.2. REACTIVOS ALMACENADOS EN LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

En el **ANEXO I** podemos observar el inventario actual de todas las sustancias químicas.

3.3. INVENTARIO DE LOS REACTIVOS EN DESUSO Y PROHIBIDOS POR LA LEGISLACIÓN SALVADOREÑA.

En la actualidad existen un sin fin de sustancias químicas que son muy peligrosas tanto para el medio ambiente como para los humanos, por lo tanto en todos los países del mundo se les da un trato especial, no es la excepción El Salvador, quien tiene la atribución de velar por el buen manejo de estas sustancias; es el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el que ha elaborado un documento en cumplimiento del Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos Decreto No.41 de El Salvador Artículo 4, literal (a) Identificar que sustancias, residuos y desechos son peligrosos y publicar sus listados.

La Ley del Medio Ambiente define en su artículo 5 una sustancia peligrosa como: “Todo material con características corrosivas, reactivas, radioactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o con actividad biológica”. El procedimiento para realizar un manejo ambientalmente adecuado de las sustancias peligrosas se establece a partir de:

- Ley del Medio Ambiente
- Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos. Decreto No. 41, Publicado en Diario Oficial, 1 de junio de 2000.

De conformidad a los artículos 57 y 60 de la Ley del Medio Ambiente, para la importación y transporte de sustancias peligrosas se requiere de la obtención del permiso ambiental emitido por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Para facilitar la toma de decisiones sobre si una sustancia requiere de Permiso Ambiental se ha elaborado el “LISTADO DE SUSTANCIAS REGULADAS: SUSTANCIAS PELIGROSAS QUE PARA SU IMPORTACIÓN Y TRANSPORTE NO REQUIEREN ELABORAR ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL”, que contiene aquellas sustancias que presentan características de peligrosidad que se encuentran reguladas por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

La importación y/o transporte de sustancias peligrosas reguladas por el LISTADO DE SUSTANCIAS REGULADAS: SUSTANCIAS PELIGROSAS QUE PARA SU IMPORTACIÓN Y TRANSPORTE NO REQUIEREN ELABORAR ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL”, en cantidades mayores a la “**Cantidad Límite**” establecida deberá presentar la correspondiente documentación ambiental. La respuesta que emita el MARN corresponderá a sustancias que para su importación y/o transporte No Requieren de Elaboración de Estudio de Impacto Ambiental.

El importador de sustancias peligrosas deberá llevar el control de las cantidades de cada una de las sustancias importadas, así como de los destinatarios de los mismos. Esta información deberá estar disponible siempre que lo requiera el Ministerio, y haya fundamento legal para ello, y cuando se trate de obtener nuevos permisos de importaciones, de conformidad con el artículo 12 del Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos.

3.3.1. LISTADO DE SUSTANCIAS REGULADAS: SUSTANCIAS PELIGROSAS QUE PARA SU IMPORTACIÓN Y TRANSPORTE NO REQUIEREN ELABORAR ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL”

(El listado de sustancias peligrosas reguladas y los formularios ambientales de importación y transporte de sustancias peligrosas se encuentran disponibles en: <http://www.marn.gob.sv>).

Este listado incluye:

a) 540 sustancias de uso industrial y/o comercial, identificadas por nombre químico, el número de CAS (Número de identificación de la sustancia del Chemical Abstract Service), el Número de las Naciones Unidas de identificación de una sustancia peligrosa (ONU) y la Cantidad Límite.

Cantidad Límite: se refiere a la cantidad menor o igual, en peso o volumen, que no requiere la presentación de documentación ambiental. Cantidades superiores a esa deberán presentar la documentación ambiental correspondiente al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales a efectos de obtener la respuesta que determine que **No Requiere Elaborar Estudio de Impacto Ambiental**. Para efectos de categorización, para la importación y/o transporte de productos terminados que contengan sustancias reguladas en cantidad tal que la sumatoria de las mismas no exceda el 20 % en peso del producto, no se requerirá la presentación de documentación ambiental ante el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

De manera semejante, no se requerirá de registro de importación de las sustancias peligrosas indicadas en el “Listado de Sustancias Reguladas: Sustancias Peligrosas que para su Importación y Transporte No Requieren Elaborar Estudio de Impacto Ambiental”.

3.3.2. LISTADO DE SUSTANCIAS QUE PARA SU IMPORTACIÓN Y TRANSPORTE NO REQUIEREN PRESENTAR DOCUMENTACIÓN AMBIENTAL AL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN), PERO REQUIEREN DE PERMISO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG).

(El listado de sustancias peligrosas reguladas y los formularios ambientales de importación y transporte de sustancias peligrosas se encuentran disponibles en: <http://www.marn.gob.sv>).

El permiso de importación que emite el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) lo realiza de conformidad al artículo seis, letra f, de la Ley Sobre el control de Pesticidas, Fertilizantes y Productos para Uso Agropecuario.

a) 326 ingredientes activos de productos para uso agrícola (TABLA 1: PLAGUICIDAS Y SUSTANCIAS CON REGISTRO MAG). Para facilitar la identificación de los productos se incluye la lista de los mismos por nombre comercial e ingrediente activo. El listado de plaguicidas y productos afines registrados (1183 sustancias, TABLA 2: PLAGUICIDAS Y PRODUCTOS AFINES) ante el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) cambia en forma periódica debido a que se realizan renovaciones y nuevas inscripciones en dicho registro, por lo que la actualización de la misma podrá ser solicitada al MAG. (Ref. Consultar Listado de sustancias peligrosas reguladas y formularios para importación y transporte de sustancias peligrosas página 92 a 118 en <http://www.marn.gob.sv>).

b) También se incluyen como productos que no requieren presentar documentación ambiental al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales los fertilizantes y otros productos fertilizantes (1089 productos fertilizantes; TABLA 3: PRODUCTOS FERTILIZANTES; Página 118 a 146), así como los productos plaguicidas para uso casero (312 plaguicidas de uso casero; TABLA 4: PLAGUICIDAS DE USO CASERO; (Ref. Consultar Listado de sustancias

peligrosas reguladas y formularios para importación y transporte de sustancias peligrosas página 146 a 154 en <http://www.marn.gob.sv>).

3.3.3. LISTADO DE SUSTANCIAS QUE ESTÁ PROHIBIDA SU IMPORTACIÓN

(El listado de sustancias peligrosas reguladas y los formularios ambientales de importación y transporte de sustancias peligrosas se encuentran disponibles en: <http://www.marn.gob.sv>).

Contiene el listado de las sustancias cuya importación como ingrediente activo de plaguicidas, ya sea en su grado técnico o producto terminado, ha sido prohibida por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería; todo de conformidad a la facultad que le concede *la Ley Sobre el control de Pesticidas, Fertilizantes y Productos para Uso Agropecuario en su artículo seis, letra f*. También se incluyen el listado las sustancias que han sido prohibidas por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales por ser Agotadoras de la Capa de Ozono.

Las sustancias prohibidas para su importación como ingrediente activo de plaguicidas pueden ser importados en pequeñas cantidades para fines de análisis químico, de investigación, para el intercambio científico y técnico. En todo caso, los volúmenes a importar se autorizarán en cantidades y para usos que no afecten a la salud humana y el medio ambiente. También, si las sustancias prohibidas para su importación como ingrediente activo de plaguicida poseen otros usos industriales y no existen sustitutos de los mismos, su importación podría ser autorizada.

Cualquier importación de las sustancias bajo las condiciones anteriormente señaladas requerirá presentar la documentación ambiental ante el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el cumplimiento de los requisitos legales establecidos por las Autoridades Competentes. La respuesta emitida por el MARN corresponderá a sustancias que para su importación no requieren elaborar estudio de impacto ambiental.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales tiene a la disposición los formularios para poder pedir el permiso tanto de exportación y uso de estos materiales peligrosos.

- a. **Actividades altamente riesgosas para la salud.**
- b. **Movimiento transfronterizo de residuos.**
- c. **Almacenamiento de materiales peligrosos.**
- d. **Registro de sustancias Autorizadas.**
- e. **Importación de materiales peligrosos.**
- f. **Transporte materiales peligrosos.**

3.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS ALMACENADOS EN LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

En el área de prácticas de laboratorio se ha venido almacenando inadecuadamente desde hace mucho tiempo una enorme cantidad de desechos, originados tanto en prácticas de laboratorio como en trabajos de graduación, por lo tanto representa un riesgo para todas las personas que interactúan en las instalaciones de los laboratorios, en ella se ha podido constatar de sustancias como ácidos, bases, aceites vegetales, sales solubles e insolubles, benceno, sales de metales pesados, etc. La mayoría de los envases no tiene una viñeta en la cual especifique el nombre del reactivo o sustancia presente, la concentración, la fecha en que fue producido, la persona que lo produjo, la materia por la cual fue necesaria su producción.



Figura 3.1: Desechos almacenados, productos de prácticas de laboratorio y trabajos de graduación.

3.5. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE DESECHOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS QUÍMICOS.

3.5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS.

La caracterización, selección e identificación de los desechos es básica en el programa de gestión, para evitar riesgos debidos a una manipulación, transporte o almacenamiento inadecuado. Asimismo, facilita el tratamiento que debe efectuarse para su eliminación.

Todos los desechos se agrupan en 7 grupos los cuales son los siguientes (Manual de Gestión de Residuos y Seguridad en Laboratorios Ambientales LEIA Centro de Desarrollo Tecnológico Noviembre 2008):

3.5.1.1. GRUPO I: DISOLVENTES HALOGENADOS.

Se entiende por tales, los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos.

Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%. Ejemplos: Cloruro de metileno, bromo formo etc.

Tabla 3.1. Clasificación disolventes halogenados.

FAMILIA DISOLVENTES	DISOLVENTES ESPECÍFICOS
Hidrocarburos Alifáticos	Cloroformo, cloruro de metileno, tricloroetileno, tetracloruro de carbono, triclorotrifluoretano, bromometano, iodometano.
Hidrocarburos Aromáticos	Clorobenceno, diclorobenceno, diclorofeno, bromotolueno, bromobutano, bromotolueno, clorotolueno, hexafluorobenceno, iodobenceno
Alcoholes Halogenados	Tricloroetanol, cloropropanol, cloropropanodiol, alcohol clorobencílico, fluoroetanol
Aminas Halogenadas	Bromoanilina, clorobencilamina, iodoanilina, dicloroanilina, Tricloroanilina
Esteres Halogenados	Bromoacetatos, cloroacetatos, cloropropionatos, cloroformiatos
Amidas Halogenadas	Bromoacetanilida, cloroacetamida, ácido ortoiodohipúrico

3.5.1.2. GRUPO II: DISOLVENTES NO HALOGENADOS.

Se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos. Es importante, dentro de este grupo, evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles ya que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento.

Tabla 3.2 Clasificación disolventes no halogenados.

FAMILIA DE DISOLVENTES	DISOLVENTES ESPECIFICOS
Hidrocarburos Cíclicos	Ciclohexano, metilciclohexano.
Derivados de Hidrocarburos Alifáticos	Pentano, hexano, decano, dimetilformamida (DMF), acetonitrilo.
Hidrocarburos Aromáticos	Benceno, tolueno, xileno, estireno, cumeno.
Alcoholes	Metanol, etanol, isopropanol (IPA), butanol, alcohol amílico, alcohol alílico, etilenglicoles, polialcoholes.
Cetonas	Acetona, metilbutilcetona, propanona, ciclohexilbutilcetona, cetonas aromáticas.
Esteres	Acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de butilo, acetato de amilo, lauratos, succinatos, glutaratos, acrilatos.
Aminas Alifáticas	Butilamina, metilamina, trietilamina
Resinas no Halogenadas	-
Aminas Aromáticas	Anilina, toluidina, fenilendiamina, nitroanilina, cloroanilina, metilanilina, fenilpiperacina.
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	Antraceno, bifenilo, naftaleno, fluoreno, indeno, pireno.
Compuestos sulfurados	Tiofenol, etilmercaptano (etanotiol), sulfuro de dialilo, sulfuro de dimetilo, difenilo disulfuro.
Otros	Dimetilsulfóxido (DMSO), sulfuro de carbono, dioxano, tetrahidrofurano (THF), sulfato de metilo, sulfato de etilo

3.5.1.3. GRUPO III: DISOLUCIONES ACUOSAS.

Este grupo corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer subdivisiones, tal como se indica a continuación. Estas subdivisiones son necesarias, ya sea para evitar reacciones de incompatibilidad o por requerimiento de su tratamiento posterior:

- *Soluciones acuosas inorgánicas:* Soluciones acuosas básicas: Hidróxido sódico, hidróxido potásico.
- *Soluciones acuosas de metales pesados:* Níquel, plata, cadmio, selenio.
- *Soluciones acuosas de cromo VI.*
- *Otras soluciones acuosas inorgánicas:* sulfatos, fosfatos, cloruros.
- *Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO:* Soluciones acuosas de colorantes.
- *Soluciones de fijadores orgánicos:* Formol, fenol, glutaraldehído.
- *Mezclas agua/disolvente:* Efluentes de cromatografía, metanol/agua.

3.5.1.4. GRUPO IV: ÁCIDOS.

Corresponden a este grupo los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen). Debe tenerse en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, debe realizarse una prueba con pequeñas cantidades y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

3.5.1.5. GRUPO V: ACEITES.

Este grupo corresponde a los aceites minerales derivados de muestras analizadas, operaciones de mantenimiento, etc. En el caso de que exista la sospecha de que los aceites estén contaminados con compuestos bifenilos policíclicos (PCB's) se recomienda, recogerlos separadamente, para facilitar su eliminación.

3.5.1.6. GRUPO VI: SÓLIDOS.

Se clasifican en este grupo los productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos. No pertenecen a este grupo los reactivos puros obsoletos en estado sólido (grupo VII). Se establecen los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de Sólidos:

- **Sólidos orgánicos:** A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza orgánica o contaminada con productos químicos orgánicos como, por ejemplo, carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
- **Sólidos inorgánicos:** A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza inorgánica. Por ejemplo, sales de metales pesados.
- **Material desechable contaminado:** A este grupo pertenece el material contaminado con productos químicos. En este grupo se pueden establecer subgrupos de clasificación, por la naturaleza del material y la naturaleza del contaminante y teniendo en cuenta los requisitos marcados por el gestor autorizado.

3.5.1.7. GRUPO VII: ESPECIALES.

A este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados. Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con desechos de los otros grupos. Ejemplos:

- **Comburentes** (peróxidos).
- **Compuestos pirofóricos** (magnesio metálico en polvo).
- **Compuestos muy reactivos** [ácidos fumantes, cloruros de ácido (cloruro de acetilo), metales alcalinos (sodio, potasio), hidruros (borohidruro sódico, hidruro de litio), compuestos con halógenos activos (bromuro de benzilo), compuestos polimerizables (isocianatos, epóxidos), compuestos peroxidables (éteres), restos de reacción, productos no etiquetados]
- **Compuestos muy tóxicos** (tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, etc.)
- **Compuestos no identificados.**

CAPITULO 4

4. ELEMENTOS A TOMAR EN CUENTA PARA LA GESTIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS.

Para la selección de los distintos métodos aplicables a los diferentes desechos peligrosos que se generan en las asignaturas de Química Analítica y Química Inorgánica, debe de conocerse el tipo de desecho que se está generando y de acuerdo a esto efectuarle el ciclo completo de gestión que incluye el adecuado manejo, almacenamiento, tratamiento o disposición final a la sustancia en análisis, sin olvidarnos de la respectiva prevención y minimización que hay que realizar para una mejora de todos los procedimientos que se lleven a cabo en las prácticas de laboratorio.

4.1. TÉCNICAS DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO PARA DESECHOS PELIGROSOS.

Para lograr el manejo integral, ambientalmente adecuado, económicamente viable, tecnológicamente factible y socialmente aceptable de los residuos y desechos peligrosos, es necesaria la participación informada, organizada y responsable de todos los sectores, ya sean públicos, privados o sociales, lo cual implica un cambio cultural de gestión de los residuos y desechos peligrosos.

Los desechos peligrosos que se generan en los laboratorios universitarios tienen características particulares que demandan ser tomadas en cuenta al determinar la forma más adecuada para su manejo, planes que al respecto deberán desarrollar las instituciones correspondientes. Esta circunstancia deberá ser aprovechada para llenar los vacíos de conocimiento que existen en la materia y orientar la educación y capacitación en este campo de manera más crítica y orientada a la solución de los problemas que conlleva la generación y el manejo de los desechos peligrosos, así como hacia la prevención o minimización de sus riesgos para la

salud y el ambiente. Al desarrollar esta labor será conveniente intercambiar experiencias entre laboratorios y aprovechar las de otros países.

De acuerdo al Art 5 Ley del Medio Ambiente en materia, los desechos peligrosos se consideran como tales por sus propiedades: corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológico-infecciosas (características CRETIB).

Lo anterior significa que quienes los generan o manejan deben tener en cuenta las características CRETIB para prevenir riesgos a la salud y al ambiente, por lo cual es recomendable tener a la mano las hojas de seguridad de los materiales que los productores deben proporcionar a quienes les compran artículos que contienen sustancias con dichas características, pues ellas aportan información útil que incluye la consideración sobre su manejo al convertirse en desechos (y pueden estar disponibles en medios electrónicos). De particular importancia es envasar, etiquetar, almacenar y transportar dentro de las instalaciones en las que se usan, las sustancias, los agentes biológicos o desechos dotados de alguna de las características CRETIB, para evitar que haya fugas, derrames o accidentes por reacción, explosión, incendio o liberación de una nube tóxica que pongan en riesgo la salud de quienes están involucrados en su manejo o se encuentran en dichas instalaciones.

Dado lo anterior, estudiantes, profesores, investigadores y personal de limpieza o de otra índole que puedan verse expuestos a las sustancias y desechos peligrosos, requieren no sólo estar informados, sino tener un entrenamiento básico para darles un manejo seguro y proteger su salud al respecto.

4.1.1. TIPOS DE ENVASES PARA RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO.

Cuando se trate de desechos no peligrosos no reciclables, el envasado se realiza en bolsas de basura, que una vez llenas se depositan en los contenedores municipales. En el caso de residuos no peligrosos reciclables (como el papel y el vidrio), se recoge cada uno de ellos en contenedores específicos por separado y

se depositan en los contenedores municipales destinados al efecto, también por separado.

El envasado y correspondiente separación de los desechos *químicos peligrosos* es algo más complejo. Para ello, se emplean distintos tipos de bidones o recipientes, dependiendo del tipo de desecho y de la cantidad producida. Para los desechos del grupo I al VII descritos en el capítulo 3 página 71-75, es recomendable emplear envases homologados para el transporte de materias peligrosas.

La elección del tipo de envase también depende de cuestiones logísticas como la capacidad de almacenaje del laboratorio. Algunos tipos de posibles envases a utilizar son los siguientes:

- *Contenedores (garrafas) de polietileno de 5 o 30 litros de capacidad.* Se trata de polietileno de alta densidad resistente a la mayoría de productos químicos. También pueden emplearse envases originales procedentes de productos, siempre que estén correctamente etiquetados y marcados.
- *Bidones de polietileno de 60 y 90 litros de capacidad y boca ancha,* destinados al material desechable contaminado.
- *Cajas de polietileno con un fondo de producto absorbente,* preparadas para el almacenamiento y transporte de reactivos obsoletos y otros productos especiales.
- Envases de seguridad, provistos de cortafuegos y compensación de presión, idóneos para productos muy inflamables (muy volátiles) o que desprendan malos olores.
- Envases de 1 ó 2 litros, para agujas, objetos punzantes o cortantes, puntas de pipeta. Una vez llenos se introducen en los envases para material desechable contaminado.

- Pueden utilizarse recipientes metálicos cuando los desechos no ataquen las paredes del recipiente (disolventes no halogenados libres de ácidos, contaminados, etc).

En la elección del tipo de envase debe tenerse en cuenta la posible incompatibilidad entre el envase y el residuo. Por ejemplo, en la utilización de envases de polietileno, es preciso tener en cuenta algunas recomendaciones, las más importantes de las cuales se resumen a continuación.

Tabla 4.1. Recomendaciones referentes al uso de envases de polietileno para el almacenamiento de desechos.

PRODUCTO	RECOMENDACIÓN
Bromoformo y Sulfuro de Carbono.	No utilizar
Ácido butírico, Ácido benzoico, Bromo y Bromobenceno.	No utilizar en periodos de almacenamiento superior a un mes
Cloruro de amilio, cresoles, dietiléter, éter haluros de ácido, nitrobenzono, percloroetileno, tricloroetileno y tricloroetano.	No utilizar con el producto a temperaturas superiores a 40°C
Diclorobencenos.	No utilizar en periodos de almacenaje superiores a un mes

Nota: Los recipientes no deben ser llenados a más del 90% de su capacidad.

Todos estos tipos de envases pueden ser suministrados por la empresa gestora o por empresas especializadas del sector. En nuestro país existen diversas industrias que comercializan este tipo de envases, tanto industrias especializadas en la fabricación de los mismos como también empresas que revenden el envase ya utilizado; los recipientes son de capacidad variable y van desde garrafas hasta

bidones de 100 litros. Algunos ejemplos de envases que se pueden utilizar, se muestran en las figuras siguientes.



Figura 4.1 Bidones para líquidos.



Figura 4.2 Contenedores para sólidos.



Figura 4.3 Contenedores para agujas/puntas.



Figura 4.4 Contenedor para vidrio



Figura 4.5 Contenedores p/basura.

4.1.2. ETIQUETADO E IDENTIFICACIÓN DE LOS ENVASES CONTENIENDO DESECHOS.

Todos los desechos y sus recipientes deben estar debidamente **identificados** (indicación del productor) y correctamente **etiquetados** (indicación del contenido) de acuerdo con las disposiciones legales de nuestro país sobre clasificación, envasado y etiquetado. Debe tenerse en cuenta que un desecho es frecuentemente una sustancia o un preparado peligroso, y tiene que estar claramente advertido para que su manipulación pueda efectuarse en las condiciones de seguridad apropiadas.

La identificación de los desechos químicos peligrosos debe incluir los datos de la Empresa, institución productora o ente generador del desecho, el nombre del responsable del desecho y las fechas de inicio y final de llenado del envase. La función del etiquetado es permitir una rápida identificación del desecho así como informar del riesgo asociado al mismo, tanto al usuario como al gestor, por lo que la etiqueta identificativa, además de los datos anteriores, debería incluir:

- Pictogramas e indicaciones de peligro, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación vigente (ver figura 4.6)
- Los riesgos específicos y consejos de prudencia que correspondan.
- Un espacio en blanco donde el productor hará constar el principal componente tóxico o peligroso del residuo (Por ejemplo metanol, metales pesados, cromo, plomo, etc.).



T toxico o T+ muy toxico inflamable



Corrosivo



F inflamable y F+ muy



Peligroso para el medio ambiente



Explosivo



Comburente



Xn nocivo Xi irritante

Figura 4.6 Pictogramas para identificar los residuos químicos peligrosos.

Para facilitar la identificación del desecho, se propone asimismo, la utilización de etiquetas de diferentes colores en función del grupo al que pertenezca el desecho químico peligroso:

- *Grupo I: Etiqueta de color naranja.*
- *Grupo II: Etiqueta de color verde.*
- *Grupo III: Etiqueta de color azul.*
- *Grupo IV: Etiqueta de color rojo.*
- *Grupo V: Etiqueta de color celeste.*
- *Grupo VI: Etiqueta de color amarillo.*
- *Grupo VII: Etiqueta de color lila.*



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA LABORATORIOS DE INGENIERÍA QUÍMICA	
<p>TIPO DE DESECHO: DISOLUCIONES ACUOSAS.</p> <p>NOMBRE DEL DESECHO CONTENIDO: SOLUCIONES ACUOSAS INORGÁNICAS: SULFATOS, FOSFATOS, CLORUROS.</p> <p>ESTADO FÍSICO: SOLIDO () LIQUIDO () GAS ()</p> <p>CODIGO CRETIB:</p> <p style="padding-left: 40px;">CORROSIVO _____</p> <p style="padding-left: 40px;">REACTIVO _____</p> <p style="padding-left: 40px;">EXPLOSIVO _____</p> <p style="padding-left: 40px;">TOXICO _____</p> <p style="padding-left: 40px;">INFLAMABLE _____</p> <p style="padding-left: 40px;">BIOLOGICO-INFECCIOSOS _____</p> <p>FECHA DE INICIO DE LLENADO: 10/03/09</p> <p>FECHA FINAL DE LLENADO: 03/07/09</p>	
	

Figura 4.7. Etiqueta identificativa para los desechos generados.

4.1.3. ALMACENAMIENTO DE DESECHOS QUÍMICOS PELIGROSOS.

Los desechos químicos peligrosos no deben almacenarse nunca en el propio laboratorio, ya que ello aumentaría el riesgo en el mismo. Debe buscarse un emplazamiento en un lugar específico, separado y que reúna las adecuadas medidas de seguridad, hasta su recogida.

Aunque los laboratorios no son los lugares más idóneos para el almacenamiento de desechos peligrosos, en nuestro caso el almacenamiento se tendría que realizar en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química y esto se debe a que por el momento no se posee un lugar mejor y adecuado dentro de las instalaciones de la Universidad de El Salvador para el almacenamiento de los desechos y también tomando en cuenta que la cantidad que generamos de ellos no es relativamente grande, por lo que estos deben estar almacenados en un lugar adecuado lejos de posibles fuentes de calor, fuera de las áreas de circulación de público, en un lugar que no sea cálido y contar con su respectivo extinguidor.

En el almacén debe llevarse un registro, anotando las fechas de entrada y salida, y no debe admitirse desecho alguno si no está debidamente etiquetado.

El periodo máximo de almacenamiento no debe ser superior a un año (se recomienda un periodo máximo de seis meses), y el correspondiente envase deberá ser retirado a pesar de que no esté completo, antes de ese periodo.

Hay que tener en cuenta que el almacenamiento de los distintos desechos debe efectuarse de acuerdo con los grupos establecidos, evitando incompatibilidades y otras situaciones peligrosas que puedan incrementar el riesgo. En este sentido, es especialmente importante lo expuesto en el apartado 4.1.2 referente a la identificación de los envases.

Las **incompatibilidades son especialmente destacables en el grupo VII** (clasificación de los desechos del apartado 3.5), por lo que debe tenerse en cuenta que éstos jamás se mezclarán entre ellos ni con los otros grupos.

Siempre que sea posible, los desechos de este grupo, en cantidades iguales o inferiores a 1 litro, se mantendrán en su envase original. En caso de duda, se ha de consultar al responsable o a la empresa gestora.

Algunas posibles incompatibilidades a tener en cuenta en el almacenamiento de desechos, se resumen a continuación:

Tabla 4.2. Ejemplos de incompatibilidades en el almacenamiento.

SUSTANCIAS INCOMPATIBLES
Ácidos con bases: Ejemplo: ácido sulfúrico con hidróxido sódico
Ácidos fuertes con ácidos débiles que desprenden gases tóxicos: Ejemplo: Ácido clorhídrico con cianuros o sulfuros.
Oxidantes con reductores: Ejemplo: Ácido nítrico con compuestos orgánicos
Agua con compuestos varios: Ejemplo: Boranos, anhídridos, carburos, triclorosilanos, hidruros, metales alcalinos....etc.

SUSTANCIAS INCOMPATIBLES DE ELEVADA AFINIDAD
Oxidantes con nitratos, halogenatos, óxidos, peróxidos, flúor.
Reductores con materias inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquimetales, aluminio, magnesio y zirconio en polvo.
Ácidos fuertes con bases fuertes.
Agua con compuestos varios: Ejemplo: Boranos, anhídridos, carburos, triclorosilanos, hidruros, metales alcalinos....etc.
Ácido sulfúrico con azúcar, celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos, sulfocianuros.

4.1.3.1. CONDICIONES, CANTIDADES Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO.

Para el almacenamiento de las sustancias químicas y materiales peligrosos en los laboratorios químicos debe tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Se debe evitar el sistema de almacenamiento en forma de península (Que encierre toda el área en forma circular) ya que pueden encerrar al personal y dificultar su salida en caso de una emergencia.

2. Los envases pesados o voluminosos se deben ubicar en los estantes inferiores, al igual que los ácidos o las bases fuertes. Se debe tener en cuenta que aquellas con mayor nivel de riesgo por corrosión o contacto deben estar más bajas. Para conocer esa información se puede observar las etiquetas de los envases que los contienen.
3. Los reactivos sensibles al agua deben estar lejos de las tomas de agua y de las tuberías de conducción de agua. También alejados de los materiales inflamables.
4. En las zonas de uso de las sustancias y dentro de los laboratorios se deben tener sólo las cantidades mínimas requeridas.
5. El almacenamiento prolongado de ciertos productos inestables entraña la posibilidad de su descomposición que, en ciertas circunstancias, como choque, calentamiento, o desplazamiento pueden generar una explosión. Hay que tener en cuenta que la apertura de un recipiente que ha permanecido durante largo tiempo cerrado sin usarse, es una operación que debe realizarse con precauciones, especialmente, con los frascos esmerilados cuyo tapón haya quedado trabado.
6. El tiempo de almacenamiento de los desechos tóxicos y peligrosos no podrá exceder en más de seis meses. En los almacenes temporales, deberá existir una cantidad de envases y etiquetas que asegure la reposición al dejar envases llenos.

4.1.3.1.1. ALMACENAMIENTO A CORTO PLAZO.

1. Antes de ser enviados los desechos a un centro de transferencia o de disposición final los desechos pueden ser almacenados en forma adecuada.
2. Los desechos deben almacenarse en depósitos o tambores debidamente identificados con el nombre de desechos peligrosos, con la fecha y contenido.
3. El lugar designado para el almacenamiento debe reunir las condiciones de seguridad y debe de tener un plan de contingencia y procedimiento en caso de emergencia.
4. Después de enviar los desechos a disposición final. El equipo, infraestructura, suelos, deberán ser descontaminados adecuadamente.

4.1.3.1.2. ALMACENAMIENTO A LARGO PLAZO.

Al no tener un lugar adecuado para la disposición final de los desechos peligrosos y para poder ser destruidos en un horno a altas temperaturas, se necesita reunir las cantidades que exige la empresa que realizara esta tarea, por lo tanto es conveniente almacenar estas sustancias peligrosas adecuadamente por largo tiempo, siempre y cuando adecuemos lo mejor posible el área que se asigne para esta actividad, con un embalaje adecuado, etiquetado y un plan de contingencia en caso de emergencias.

Como las cantidades generadas son pequeñas es recomendable el almacenaje labpack para almacenar diferentes cantidades y tipos de desechos en el mismo depósito.

Las medidas de seguridad que tenemos que tener en cuenta son:

1. Cada desecho debe ir debidamente sellado e identificado.

2. El material del empaque del desecho debe ser compatible con este, los más adecuados son los envases de polietileno de alta densidad.
3. No almacenar en el labpack desechos explosivos, infecciosos ni materiales no identificados.
4. El labpack debe contener tapadera removible de polímetro de alta densidad.
5. Alrededor de los pequeños envases colocar un material inerte y absorbente, los más comunes son el durapax o la vermiculita.

4.1.4. RECOGIDA DE DESECHOS QUÍMICOS PELIGROSOS.

Al objeto de racionalizar el volumen de desechos acumulados, es importante conocer la periodicidad de generación para poder establecer unos plazos de recogida y tratamiento razonables.

La recogida deberá realizarla el gestor de residuos autorizado siempre que sea posible.

4.1.5. NORMAS GENERALES DE MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE DESECHOS QUÍMICOS PELIGROSOS.

A continuación se enumeran una serie de medidas preventivas básicas sobre seguridad y salud, para que el transporte, manipulación y almacenamiento de desechos peligrosos se realice sin perjuicio para la salud humana y el medio ambiente. Dichas medidas son las siguientes:

- Deben considerarse las disposiciones legales vigentes, tanto a nivel general, como local.
- Al manipular los envases de los desechos, hay que informarse de las indicaciones de peligro y condiciones de manejo de las sustancias.

- En caso de desconocer exactamente las propiedades y características del producto a trasladar, se aplicará el máximo nivel de protección. Si se tienen dudas acerca de la naturaleza del producto o la utilización de los equipos de protección individual, se consultará al responsable de laboratorio que corresponda.
- En ningún caso se manipularán envases con desechos en los laboratorios sin la supervisión del correspondiente Responsable de Laboratorio.
- El transporte de los envases con desechos se realizará siempre que sea posible mediante medios mecánicos de carga, que en el caso de ser motorizados la energía utilizada será eléctrica, y la zona dispuesta para el transporte de los envases se encontrará completamente ventilada y aislada de cualquier foco de ignición.
- Queda totalmente prohibido fumar y/ o comer durante la manipulación y transporte de desechos.
- Para desechos líquidos se evitará el empleo de envases mayores de 30 litros, para facilitar su manipulación y evitar riesgos innecesarios.
- Los envases que contengan los desechos deben cerrarse herméticamente.
- Los desechos generales de laboratorio no deben mezclarse con los desechos y productos químicos. No se deben tirar al recipiente de basuras habitual (papeleras, etc.), trapos, papeles de filtro u otras materias impregnables o impregnadas.
- El vertido de los desechos a los envases correspondientes se ha de efectuar de una forma lenta y controlada. Esta operación será interrumpida

si se observa cualquier fenómeno anormal, como la producción de gases o el incremento excesivo de temperatura. Para trasvasar líquidos en grandes cantidades, se empleará una bomba preferentemente de accionamiento manual; en el caso de utilizar una bomba eléctrica, esta debe ser antideflagrante, en todos los casos se comprobará la idoneidad del material de la bomba con el desecho trasvasado.

- Los envases no se han de llenar más del 90% de su capacidad con la finalidad de evitar salpicaduras, derrames y sobrepresiones.
- Siempre que sea posible, los envases se depositarán en el suelo, sobre tarimas, para prevenir posibles caídas y derrames accidentales. En cualquier caso no se almacenarán a más de 1.70 m de altura.
- Debe evitarse el contacto directo con los productos químicos. En cualquier caso durante todo el proceso de transporte y manipulación de desechos, deberán utilizarse equipos de protección individual como, guantes, gafas y calzado de seguridad.

4.1.6. DISEÑO DE LAS ÁREAS DE TRABAJO Y ALMACENAMIENTO EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

Las instalaciones dentro de los laboratorios químicos deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Los laboratorios y zonas de almacenamiento de sustancias químicas deben disponer de duchas de seguridad, fuentes lava ojos y contar con extintores de fuego según el tipo de riesgo.

- Deberá disponerse de espacio suficiente para el normal desenvolvimiento del trabajo. Es recomendable una superficie igual o superior a 10 metros cúbicos por persona.
- Las áreas de circulación libre deben ser de un metro de ancho o mayores si se requiere por razones de seguridad.
- Los techos de los laboratorios o lugares de almacenamiento, serán preferiblemente de tres metros de altura, los materiales deben ser de alta resistencia mecánica, incombustibles y pintados o recubiertos por superficies que puedan ser limpiadas fácilmente con el objeto de evitar la acumulación de polvo y materiales tóxicos. Si se usan dobles techos o cielorrasos éstos deben ser incombustibles, fácilmente lavables y diseñados de manera que sean seguros y resistentes a los gases y vapores.
- La resistencia al fuego de las paredes o tabiques en los edificios donde se ubican laboratorios en lugares de enseñanza deberá ser mínimo de tres horas y deben tener dos puertas debidamente señalizadas y con sistema para evacuación de emergencia.
- Las paredes y ventanas deben evitar el ingreso de luz solar que incida directamente sobre las sustancias químicas.
- Los primeros diez centímetros de la pared contados desde el piso deben ser impermeables, inclusive en las puertas y aberturas.
- El suelo deberá tener una pendiente ligera hacia un desagüe seguro y todos los desagües deben tener sifón con trampa de agua.
- Las instalaciones eléctricas deben ser seguras, con conexión a tierra y si se almacenan sustancias inflamables o explosivas deben ser de diseño especial.

4.1.7. TIPOS DE ESTANTES PARA EL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.

Los equipos que se utilicen para esta actividad deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Las estanterías metálicas en las que se almacenen sustancias inflamables o explosivas deben tener conexión equipotencial a tierra.
2. Los estantes deben tener una ligera hendidura hacia el centro con el objeto de que en caso de derrames fluyan hacia esta área la cual deberá poseer una abertura de drenaje y las aberturas de los estantes deberán tener todas las mismas posiciones con el objeto de que en un posible vertido se pueda recoger en una cubeta o bandeja dispuesta debajo de la estantería, independiente del nivel del cual provenga.
3. Las uniones de los estantes deben ser selladas y deben ser recubiertas de pintura resistente a la corrosión
4. Las patas de los estantes deberían permitir la regulación de altura para poder nivelarlas.
5. Los estantes deben poseer o posibilitar la ubicación de bandas de seguridad que eviten la caída de los elementos almacenados.

4.1.8. ACTUACIONES EN CASO DE DERRAME DE UN DESECHO QUÍMICO PELIGROSO.

- Evacuar la zona afectada por el derrame.
- Utilizar los equipos de protección individual correspondientes.

- Absorber el líquido derramado con un material lo más inerte posible (vermiculita, arena, durapax) o en papel, tela, etc.
- Descontaminar bien toda la zona con agua y jabón.
- Colocar todo el material con el que se ha absorbido el líquido derramado en un recipiente resistente a la sustancia derramada y cerrarlo herméticamente.
- Etiquetar correctamente el recipiente con las sustancias que contiene y tratarlo como un desecho peligroso.
- En caso que el producto derramado sea inflamable, además de la actuación detallada anteriormente deben eliminarse todas las fuentes de ignición de la zona.

4.1.9. ALMACENAMIENTO ADECUADO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS PRESENTES EN LOS LABORATORIOS.

El almacenamiento de las sustancias químicas y materiales peligrosos en los laboratorios deben realizarse en lugares dedicados exclusivamente para dicho fin y no utilizarlas para otros fines. En estos lugares se almacenarán tanto las sustancias que han sido adquiridas comercialmente; así como aquellos que hayan sido sintetizadas o elaboradas durante las diferentes prácticas y ensayos que en ellos se realicen.

Los desechos hasta ser almacenados en el almacén temporal, permanecerán en los laboratorios, preferentemente en el suelo, en casos determinados, sobre recipientes apropiados (cubetas, bandejas, etc.) para la recogida de posibles derrames, en lugares que no sean de paso para evitar tropiezos, y alejados de cualquier fuente de calor.

Una vez en el almacén temporal, no podrán almacenarse en la misma estantería productos que presenten posibles reacciones peligrosas. Los líquidos combustibles no se almacenarán conjuntamente con productos comburentes ni

con sustancias tóxicas o muy tóxicas que no sean combustibles, debiendo estar lo más alejadas posible entre sí en el almacén.

Existen distintas medidas a tomarse en cuenta para la elaboración del inventario y ordenamiento de las sustancias presentes en el laboratorio, tales como las siguientes:

4.1.9.1. INCOMPATIBILIDAD QUÍMICA ENTRE SUSTANCIAS.

Algunos productos químicos, además de acarrear riesgos por sí mismos, son capaces de dar lugar a reacciones peligrosas en contacto con otros. 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.
- Formación de producto sensible a fricción o choque.
- Reacción exotérmica.
- Explosión / Incendio.
- Generación de gases que puedan romper el recipiente contenedor.
- Calentamiento de sustancias que inicie una descomposición o reacción descontrolada (runaway reaction).
- Reducción de la estabilidad térmica de una sustancia.
- Degradación de la calidad de los productos almacenados.
- Deterioro de contenedores (envases, etiquetas, etc.).

En el depósito o zona de almacenamiento, ya sea de productos químicos utilizados como materia prima, insumos o productos finales de cualquier industria química, existe riesgo de incompatibilidad química.

Las causas posibles de originar una mezcla no intencional de sustancias diferentes pueden ser:

- Fugas
- Derrames
- Roturas de recipientes, tuberías, etc.
- Incendio
- Explosión
- Fallo de operación (abrir válvulas equivocadas, no cerrar válvulas, etc.)
- Ausencia de sello hidráulico de bombas para operaciones de carga y descarga en la zona de almacenamiento
- Ausencia de estanqueidad de las válvulas de bloqueo o regulación.

La prevención de mezclas de productos químicos incompatibles requiere el análisis de los siguientes aspectos

A) Identificación de:

- sustancias que pueden combinarse en forma inadvertida, incluyendo sus composiciones o concentraciones,
 - cantidades específicas de las sustancias existentes.
 - temperaturas de almacenamiento,
 - confinamientos (sistemas abiertos o cerrados),
 - atmósfera (aire, inertizada con nitrógeno, enriquecida con oxígeno),
 - máximo tiempo en el que los materiales pueden estar en contacto, todo, para prever posibles escenarios donde podría ocurrir una potencial combinación accidental de materiales incompatibles. Para evaluar las potenciales mezclas peligrosas de sustancias, se debe investigar combinaciones de todos los materiales que pueden existir en la zona de análisis:
-
- Combustibles
 - Ácidos inorgánicos
 - Ácidos orgánicos

- Álcalis
- Oxidantes
- Solventes
- Reductores
- Fluidos criogénicos
- Otras materias primas
- Otros insumos
- Productos finales Contaminantes
- Agua y aire

B) Predicción de reacciones químicas indeseadas:

Establecidos los distintos escenarios posibles, se podrán consultar varias herramientas para predecir si pueden o no ocurrir reacciones químicas no deseadas:

- Hojas de Seguridad de los productos químicos en cuestión. (MSDS: “Fichas Técnicas de Seguridad”. Sección 10, “Stability and Reactivity”)
- “Manual de Reactivos Químicos Peligros Bretherick’s”. Butterworth-Heinemann”. NFPA 491.
- Software “Hojas de Reactivos Químicos (CRW)” de The U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).
- Testeos y escalamientos de reacciones: que incluyen ensayos tales como
- Tasa Calorimétrica Adiabática (ARC)
- Consulta a experto.

La recopilación de estos datos sirve para determinar:

- Características de diseño de equipos
- Procedimientos de operación.
- Límites críticos de los parámetros de almacenamiento.

C) Establecimiento de distancias mínimas, muros de protección y sistemas de contención de fugas y derrames. La observación atenta de la siguiente matriz, servirá como medida preventiva de los riesgos anteriormente citados cuando se almacenan sustancias químicas incompatibles en la industria y laboratorios. Esta matriz de aplicación genérica puede resultar muy útil para evaluar estas cuestiones que trate de almacenar productos tanto en el campo industrial como en el propio laboratorio químico de la planta. **Referencia:** Gestión de los residuos especiales de laboratorio, Universidad Autónoma de Barcelona, 1996.

Tabla 4.3: De incompatibilidades químicas. x: No compatible

	Ácidos inorganicos.	Ácidos oxidantes	Ácidos organicos.	Álcalis	Oxidantes	Tóxicos, inorganicos.	Tóxicos, organicos.	Reactivos con agua	Solventes organicos.
Ácidos inorganicos	x		x	x		x	x	x	x
Ácidos oxidantes	x		x	x		x	x	x	x
Ácidos orgánicos	x	x		x	x	x	x	x	
Álcalis	x	x	x				x	x	x
Oxidantes			x				x	x	x
Tóxicos, inorganicos	x	x	x				x	x	x
Tóxicos, orgánicos	x	x	x	x	x	x			
Reactivos con agua	x	x	x	x	x	x			
Solventes orgánicos	x	x		x	x	x			

Tabla 4.4: Precauciones para el almacenaje.

Tipo de producto	No almacenar junto a	Evitar contacto o cercanía con
Combustibles	Oxidantes Comburentes Sustancias tóxicas Gases venenosos Ácidos y bases minerales.	Fuentes de ignición (calor, chispas, superficies calientes o llamas abiertas).
Ácidos inorgánicos	Bases minerales, cianuros, nitruros, sulfuros, hipocloritos. Distintas concentraciones del mismo ácido. Ácidos orgánicos, materiales inflamables y/o combustibles. Sustancias tóxicas o venenosas.	Agua. Metales reactivos.
Ácidos orgánicos	Ácidos inorgánicos Oxidantes Comburentes	Fuentes de ignición (calor, chispas, superficies calientes o llamas abiertas).
Álcalis	Ácidos, explosivos, peróxidos orgánicos y materiales de fácil ignición. Sustancias tóxicas o venenosas.	Agua Metales reactivos
Oxidantes	Materiales combustibles e inflamables. Materiales orgánicos.	Fuentes de calor Humedad Agentes reductores: zinc, metales alcalinos.
Solventes	Ácidos. Materiales oxidantes.	Fuentes de ignición (calor, chispas, superficies calientes o llamas abiertas).
Reductores	Ácidos. Materiales oxidantes. Alcoholes, halógenos, haluros.	Agua, aire y oxígeno.
Fluidos criogénicos	Ácidos inorgánicos. Materiales oxidantes. Comburentes.	Agua, Fuentes de ignición (calor, chispas, superficies calientes o llamas abiertas).

Tabla 4.5: Combinación y resultado de sustancias químicas.

Combinación	Resultado
Solventes ácidos orgánicos combustibles, fluidos criogénicos inflamables	Explosión / incendio
Solventes, sustancias tóxicas	Emisión de gas tóxico
Oxidantes	Explosión / incendio
Alcalis	Vapores corrosivos / generación de calor.

Tabla 4.6: Productos y mezclas químicas incompatibles.

PRODUCTOS O FAMILIAS QUIMICAS	PRODUCTOS O FAMILIAS QUIMICAS INCOMPATIBLES
ACETILENO DERIVADO ACETILÉNICOS	PLATA MERCURIO COBRE
ACIDOS MINERALES FUERTES	AGUA BASES MINERALES CIANUROS NITRUROS SULFUROS HIPOCLORITOS
BASES MINERALES FUERTES	AGUA ACIDOS FUERTES FÓSFORO NITROALCANOS
BROMO CLORO	COMPUESTOS INSATURADOS COMPUESTOS CARBONILOS OXIDO DE DIETILO AMONIACO FOSFANO, SILANO FÓSFORO
COMPUESTO ORGANOMETALICOS	AGUA AIRE, OXIGENO
HIDRUROS NO METALICOS	AIRE OXIGENO
HIDRUROS ALCALINOS Y ALCALINOTERREOS	AIRE, OXIGENO AGUA
MERCURIO	ACETILENO AMONIACO HALOGENOS METALES ALCALINOS AZUFRE
METALES ALCALINOS	AGUA ALCOHOLES HALOGENOS HALUROS MERCURIO
CARBONILOS METALICOS	AIRE OXIGENO

Tabla 4.7: Principales grupos de productos químicos incompatibles.

PRODUCTO QUIMICO	INCOMPATIBLE CON:
ACETILENO	- FLUOR, CLORO, BROMO, IODO - COBRE, PLATA, MERCURIO, MAGNESIO - OXIGENO, OZONO, OXIDOS DE NITROGENO
ACETONA	- ACIDO NITRICO, ACIDO SULFURICO - OXIDO DE CROMO (VI)
ACIDO ACETICO	- OXIDO DE CROMO (VI) - ACIDO NITRICO, ACIDO PERCLORICO - ALCOHOLES - ETILENGLICOL - PERÓXIDOS - PERMANGANATOS
ACIDO NITRICO (CONCENTRADO)	- ACIDO ACETICO - ANHÍDRIDO ACETICO - AMINAS AROMATICAS (ANILINA, TOLUIDINAS,) - HIDRACINAS - OXIDO DE CROMO (VI) - CIANURO DE HIDRÓGENO - HIDRUROS (PH ₃ , AsH ₃ , SH ₂ , SeH ₂ ,)
ACIDO OXALICO	- PLATA, MERCURIO
ACIDO PERCLORICO	- ACIDO ACETICO GLACIAL - BISMUTO Y SUS ALEACIONES - ALCOHOLES - PAPEL - MADERA
ACIDO SULFURICO	- ACEITE + AGUA - CLORATO POTASICO - PERCLORATO POTASICO - PERMANGANATO POTASICO - COMPUESTOS NITRADOS (NITROMETANO, NITROBENCENO,)
ALQUILOS DE ALUMINIO	- AGUA
AMONIACO (GAS EN EL LABORATORIO)	- MERCURIO - CLORO, BROMO, YODO - HIPOCLORITO CALCICO - SULFURO DE HIDRÓGENO
ANILINA	- ACIDO NITRICO - PEROXIDO DE HIDRÓGENO
BROMO	- AMONIACO, HIDROXIDO DE AMONIO - ACETILENO - METANO, PROPANO, BUTANO - HIDRÓGENO - ETER DE PETROLEO - BENCENO - METALES EN POLVO - HIDRUROS (SiH ₄ , PH ₃)

Tabla 4.7: Principales grupos de productos químicos incompatibles (Continuación).

PRODUCTO QUÍMICO	INCOMPATIBLE CON:
CARBON ACTIVADO	- HIPOCLORITO CALCICO, OXIDANTES
CIANUROS	- ACIDOS
CLORATOS	- SALES DE AMONIO - ACIDOS - METALES EN POLVO - AZUFRE - COMPUESTOS ORGANICOS DE TAMAÑO DE PARTICULAS MUY PEQUEÑO - MATERIALES COMBUSTIBLES
CLORO	- AMONIACO - ACETILENO - METANO, PROPANO, BUTANO - HIDRÓGENO - ETER DE PETROLEO - BENCENO - METALES EN POLVO - HIDRUROS (AsH ₃ , PH ₃ , SiH ₄ , B ₂ H ₆ ...) - FOSFOROS - SILICONAS - HIDRAZINAS - DIMETILFORMAMIDA
COBRE	- ACETILENO - PEROXIDO DE HIDRÓGENO
DIMETILFORMAMIDA	- CLORURO DE TIONILO - BROMO, CLORO - TETRACLORURO DE CARBONO - HIDRURO DE SODIO - BOROHIDRURO DE SODIO - PERMANGANATO POTASICO
DIMETILSUFOXIDO	- CLORUROS DE ACILO - POCL ₃ , PCl ₂ , SCl ₂ , S ₂ Cl ₂ , SO ₂ Cl ₂ , SOCl ₂ , - PERCLORATOS (DE MANGANESIO, DE PLATA, DE MERCURIO, DE CROMO,) - HIDRURO DE SODIO - PERMANGANATO POTASICO SÓLIDO
FLUOR	- ALMACENAR SEPARADAMENTE
FLUORURO DE HIDRÓGENO	- AMONIACO (GAS O DISULUCION)
FOSFORO	- AZUFRE - COMPUESTOS QUE CONTENGAN OXIGENO (CLORATOS, PERMANGANATOS)
HIDROCARBUROS (BUTANO, PROPANO, BENCENO, ETC)	- FLUOR, CLORO, BROMO - OXIDO DE CROMO (VI) - PEROXIDO DE HIDRÓGENO

Tabla 4.7: Principales grupos de productos químicos incompatibles.
(Continuación).

PRODUCTO QUIMICO	INCOMPATIBLE CON:
iodo	<ul style="list-style-type: none"> - acetileno - amoniaco (gas o disolución)
LIQUIDOS INFLAMABLES	<ul style="list-style-type: none"> - NITRATO AMONICO - OXIDO DE CROMO (VI) - PEROXIDO DE HIDRÓGENO - PEROXIDO SODICO - ACIDO NITRICO - HALOGENOS
MERCURIO	<ul style="list-style-type: none"> - acetileno - amoniaco - bromo, cloro - sodio, potasio, litio - azufre
METALES ALCALINOS (SODIO, POTASIO, RUBIDIO, CESIO)	<ul style="list-style-type: none"> - agua - HALOGENOS - HALUROS DE ALQUILO - DÍOXIDO DE CARBONO - AZUFRE
OXIDO DE CROMO (VI)	<ul style="list-style-type: none"> - ACIDO ACETICO - NAFTALINA - ALCANFOR - GLICEROL - ETER DE PETROLEO - ALCOHOLES - LIQUIDOS COMBUSTIBLES
PERCLORATO POTASICO	<ul style="list-style-type: none"> - SALES DE AMONIO - ACIDOS - METALES EN POLVO - AZUFRE - MATERIALES ORGANICOS Y COMBUSTIBLES FINAMENTE DISTRIBUIDOS
PERMANGANATO POTASICO	<ul style="list-style-type: none"> - ACIDO SULFURICO, ACIDO CLORHÍDRICO - ACIDO ACETICO - ANHÍDRIDO ACETICO - POLIALCOHOLES (GLICEROL, GLICOLES) - ALDEHIDOS (FORMALDEHIDO, BENZALDEHIDO) - DIMETILSULFOXIDO, DIMETILFORMAMIDA - FÓSFORO, AZUFRE
PEROXIDO DE HIDRÓGENO	<ul style="list-style-type: none"> - ALCOHOLES (METANOL, ETANOL, GLICEROL) - ACIDOS CARBOXILICOS (ACETICO, FORMICA, TARTARICO, ...) - ANHÍDRIDO ACETICO - ACETONO - ANILINA - HIDRACINAS - NITROMETANO - MATERIA ORGANICA COMBUSTIBLE (SÓLIDA O LIQUIDA) - METALES (PLATA, CROMO, MANGANESO, PLOMO, PLATINO, ...)

Tabla 4.7: Principales grupos de productos químicos incompatibles.
(Continuación).

PRODUCTO QUIMICO	INCOMPATIBLE CON:
PEROXIDO SODICO	<ul style="list-style-type: none"> - METANOL, ETANOL - ACIDO ACETICO - ANHÍDRIDO ACETICO - BENZALDEHIDO - DISULFURO DE CARBONO - GLICEROL - ETILENGLICOL - ACETATO DE METILO, ACETATO DE ETILO - FURFURAL
PLATA	<ul style="list-style-type: none"> - ACETILENO - ACIDO OXALICO - ACIDO TARTARICO - COMPUESTO DE AMONIO

Tabla 4.8: Reacciones peligrosas de los ácidos.

REACTIVO	REACTIVO	SE DESPRENDE
ACIDO SULFURICO	ACIDO FORMICO ACIDO OXALICO ALCOHOL ETÍLICO BROMURO SODICO CIANURO SODICO SULFOCIANURO SODICO IODURO DE HIDROGENO ALGUNOS METALES	MONÓXIDO DE CARBONO MONÓXIDO DE CARBONO ETANO BROMO Y DIÓXIDO DE AZUFRE MONÓXIDO DE CARBONO SULFURO DE CARBONILO SULFURO DE HIDRÓGENO DIÓXIDO DE AZUFRE
ACIDO NITRICO	ALGUNOS METALES	DIÓXIDO DE NITROGENO
ACIDO CLORHIDRICO	SULFUROS HIPOCLORITOS CIANUROS	SULFURO DE HIDRÓGENO CLORO CIANURO DE HIDROGENO

Tabla 4.9: Sustancias fácilmente pre-oxidables.

ETERES	COMPUESTOS DIENICOS
COMPUESTOS ISOPROPILICOS	COMPUESTOS VINILACETILENICOS
COMPUESTOS ALILICOS	CUMENO, ESTIRENO, TETRAHIDRONAFTALENOS
HALOALQUENOS	N-ALQUILAMINDAS, UREA, LACTAMAS
COMPUESTOS VINILICOS	2-BUTANOL, METILISOBUTILCETONO

Ejemplo de uso de las tablas 4.3, 4.4, 4.5, 4.6: al tener dos sustancias que se quieren colocar en un determinado estante deben de consultarse las tablas de sustancias que es prohibida su combinación o cercanía, para evitar accidentes; por ejemplo: Si tenemos ácido clorhídrico y amoniaco se puede ver que en la última fila de la tabla 4.5 nos indica que no se pueden combinar, ya que, se producen vapores que son sumamente corrosivos o explosivos, además son nocivos para la salud.

Las tablas del numeral 4.3 a la 4.9 fueron tomadas del documento; Servicio de prevención de riesgos laborales, Almacenamiento de productos químicos, Universidad de Jaén.

4.1.9.2. CÓDIGO NFPA 704 (National Fire Protection Association)

La Asociación Nacional (EEUU) de Protección Contra el Fuego (NFPA) ha desarrollado un sistema para indicar los peligros químicos, que es especialmente útil para los bomberos y por extensión a cualquier persona interesada en la seguridad.

Los objetivos del rotulado e identificación de los productos peligrosos son los siguientes:

- Hacer que los productos peligrosos puedan ser fácilmente reconocidos, a distancia, por las características del rótulo.
- Proporcionar una fácil identificación de la naturaleza del riesgo que se puede presentar durante la manipulación y almacenamiento de las mercaderías.
- Facilitar por medio del color de los rótulos, una primera guía para la manipulación y estiba o almacenamiento.

El Código NFPA establece un sistema de identificación de riesgos para que en un eventual incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales respecto del **fuego**, aunque éstos no resulten evidentes. Este código ha sido creado para la utilización específica de los cuerpos de bomberos.

Consiste en una etiqueta que consta del nombre del material y cuatro secciones con un color asignado en cada caso:

- | | |
|-------------------|----------|
| ● Salud | Azul |
| ● Inflamabilidad | Rojo |
| ● Reactividad | Amarillo |
| ● Riesgo especial | Blanco |



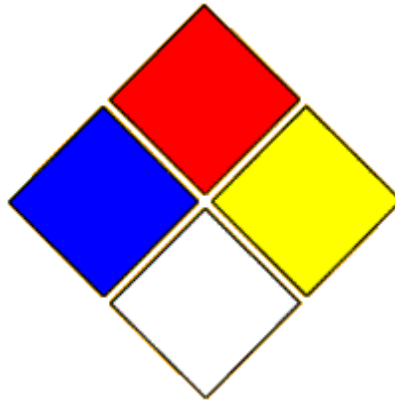


Figura 4.8: Rombo del código NFPA.

En cada una de las secciones se coloca el grado de peligrosidad: 0,1,2,3,4, siendo en líneas generales, 0 el menos peligroso, aumentando la peligrosidad hasta llegar a 4, nivel más alto.



Figura 4.9: Ejemplo de un rombo NFPA incluyendo grados de peligrosidad.

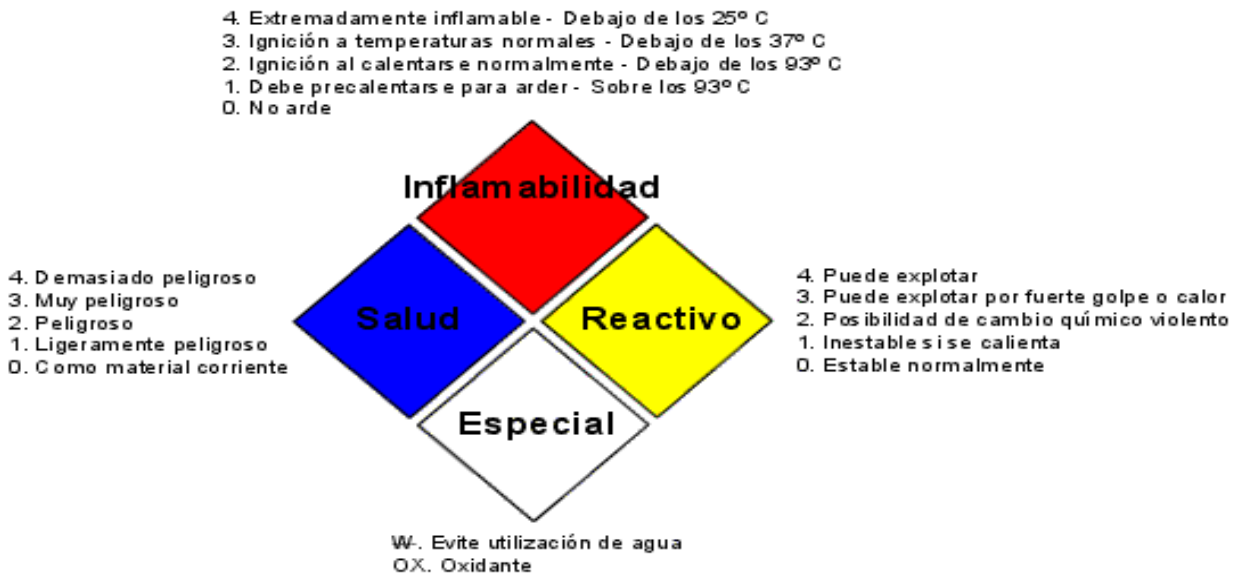


Figura 4.10: Resumen de los niveles de peligrosidad del código NFPA.

Iconos para la información especial:



Figura 4.11: Códigos para la información.

4.1.9.3. CÓDIGO INTERNACIONAL J T BAKER.

El sistema SAF-T-DATA® de J. T. BAKER incluye un método codificado en colores para organizar adecuadamente las áreas de almacenamiento de sustancias químicas. El color del bloque SAF-T-DATA® en la etiqueta indica el tipo de almacenamiento requerido, para que simplemente se almacenen juntos los productos que tienen igual color, siguiendo las recomendaciones de seguridad

para cada clase de sustancias y también separando los productos con incompatibilidades específicas dentro de cada color.

Los colores y clases de sustancias son:

Tabla 4.10: Tabla del código JT Baker.

Codificación	Descripción
<p>ROJO Riesgo de inflamabilidad</p>	<p>Son sustancias inflamables, reductoras, fuentes de ignición. Necesitan para el almacenamiento además de área segura y resistente al fuego:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ventilación adecuada ○ Verificar que el aire rote adecuadamente, por lo menos 6 veces /hora ○ Temperatura máxima de almacenamiento de 25 ° C ya que un exceso de calor puede causar un incendio ○ Almacenar cantidades mínimas ○ Alejarlos de los demás reactivos ○ Tener equipo contra incendio adecuado. Extintores tipo A.B.C (Polvo químico seco, Solkaflam -agente limpio- Hallon)
<p>AMARILLO Peligro de reactividad</p>	<p>Son oxidantes, explosivos, peligro de reactividad, generan muchos gases, y calor. Necesitan para el almacenamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Si es posible, lugares subterráneos o de lo contrario lugares frescos ○ Alejarlos de la luz solar ○ Almacenar en forma separada y lejos de los materiales inflamables o combustibles.

**Tabla 4.10: Tabla del código JT Baker
(Continuación).**

Codificación	Descripción
<p>BLANCO Riesgo al contacto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Presentan peligro al contacto por corrosión, son reductores corrosivos. ○ Son peligrosos para la piel, ojos, vías respiratorias. ○ Pueden liberar gases. ○ En caso de accidente leer la ficha de seguridad, antes de cualquier acción ○ Requieren para el almacenamiento: ○ Almacenar máximo a 10 cm. del piso y sobre cemento. ○ No almacenar en estantes de madera o metal ○ Almacenar en un área resistente a la corrosión. <p>Dejar un espacio de llenado en el frasco.</p>
<p>AZUL Riesgo para la salud</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Son tóxicos, peligrosos para la salud. ○ Son irritantes para la piel, ojos, sistema digestivo. ○ Toxicidad aguda: Generalmente es reversible, por exposición corta ○ Toxicidad crónica: Pueden ser origen de enfermedades profesionales en personas que se expongan por periodos prolongados. <p>Necesitan para el almacenamiento estar en un lugar muy seguro, alejado de los demás reactivos, lejos de posible contacto con alimentos o niños</p>
<p>VERDE Sin riesgo específico</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Son los menos peligrosos, los riesgos en las categorías de salud, inflamabilidad, reactividad y contacto no son mayores de 2 ○ Se pueden almacenar en el área general de sustancias químicas

**Tabla 4.10: Tabla del código JT Baker
(Continuación).**

Codificación	Descripción
BLANCO RAYADO Incompatible con el blanco	Se deben almacenar en forma separada de los blancos, son sustancias incompatibles y de riesgo si se almacenan junto con los blancos.
AMARILLO RAYADO Incompatible con amarillo	Se deben almacenar en forma separada de los amarillos, son sustancias incompatibles y de riesgo si se almacenan junto con los amarillos.
ROJO RAYADO Incompatible con rojo	Se deben almacenar en forma separada de los rojos, son sustancias incompatibles y de riesgo si se almacenan junto con los rojos.

4.1.9.4. VIÑETA PARA IDENTIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.

Elaboración de VIÑETA

1º. La viñeta debe contener: el nombre de la sustancia, el código de la sustancia, ubicación de la sustancia en su respectivo estante, el rombo del código internacional NFPA y el código internacional J T Baker.

2º. Con la ayuda del nombre de la sustancia se busca el código NFPA que nos ayuda a identificar como usuario el grado de peligrosidad que esta presenta y así tomar las medidas necesarias para su manipulación.

3º. Debe buscarse el código J T Baker el cual las normas SAF-DATA sugieren como un método de almacenamiento con el cual los químicos compatibles son marcados con el mismo color.

4º. Se llena la viñeta con los datos y codificación antes mencionada, se pega en el envase de la sustancia y luego este se debe colocarse en su respectiva ubicación.



Figura 4.12: Viñeta propuesta para la codificación y posterior ordenamiento de las sustancias químicas

4.2. TÉCNICAS DE MINIMIZACIÓN PARA DESECHOS Y RESIDUOS PELIGROSOS.

Las posibilidades de minimización son fundamentales en la elaboración de un programa de gestión de desechos. El objetivo de la minimización es la reducción, dentro de lo posible, de los desechos que se generan en el laboratorio. Esto incluye cualquier reducción en la fuente, reciclaje o actividades de tratamiento que resulten en la reducción del volumen total o en la cantidad de desechos peligrosos generados, o la reducción de la toxicidad de los desechos químicos peligrosos.

4.2.1. REDUCCIÓN EN LA FUENTE

Se define como toda aquella actividad que reduce o elimina la generación de un desecho químico peligroso en un proceso. Ésta debe ser la opción preferida siempre que sea posible.

Algunos métodos de reducción son los siguientes:

4.2.1.1. Cambio de reactivos.

La generación de desechos peligrosos en el laboratorio se puede reducir sustituyendo ciertos reactivos tóxicos que se utilizan en los análisis o en las actividades relacionadas a los mismos, por otros cuya toxicidad sea menor o incluso que no sean tóxicos en absoluto.

Ejemplo.

En la práctica numero 9 de la asignatura de Química Analítica (Determinación de Cobre en Bronce) se utiliza actualmente el óxido de arsénico III (As_2O_3) para las valoraciones de las soluciones de yodo en la preparación de reactivos, se sabe que ahora dicho reactivo se usa muy poco a causa de las estrictas normas gubernamentales que rigen el uso del mismo incluso en pequeñas cantidades, se proponen entonces la utilización de monohidrato de tiosulfato de bario y el tiosulfato de sodio anhidro como patrones alternos al óxido de arsénico. Ref. Química Analítica. Skoog West Holler Crouch Séptima Edición.

Otro ejemplo sería detergentes biodegradables podrían ser sustitutos de solventes usados para limpiar.

En el capítulo 5 se detalla a fondo las diferentes modificaciones que se han hecho a las prácticas de laboratorio con el fin de evitar y disminuir la generación de desechos peligrosos.

4.2.1.2. Disminuir los volúmenes de reactivos químicos usados en los análisis.

Se pueden disminuir los volúmenes de reactivos químicos usados en los análisis realizando los análisis 'a escala' analizando menor volumen de muestra o aumentando el uso de instrumentación analítica. *Los análisis con instrumentos más modernos requieren menores volúmenes de reactivos y generan menor cantidad de desechos tal es el caso del uso de micropipetas.* Utilizando pequeños volúmenes de químicos en el caso de empresas e instituciones, laboratorios de

análisis o de control de calidad. El uso de pequeños volúmenes tiene varias ventajas: reducción de químicos utilizados y de desechos generados, disminución del riesgo de fuego y explosión, y reducción de la concentración de vapores orgánicos perjudiciales en el aire del laboratorio. **En todos los casos, es necesario validar los métodos de ensayo para demostrar que no afecta a la calidad de los resultados analíticos.**

***Ejemplo:** En la práctica número 10 de la asignatura de Química Analítica (Análisis Gravimétrico de Sulfatos) las cantidades que se utilizaban de reactivos han sido reducidas en un 40% aproximadamente, teniendo como resultado una menor generación en volumen de los desechos peligrosos.*

4.2.1.3. Cambios de procedimientos y operación.

La aplicación de unas buenas prácticas de laboratorio es muy importante en la reducción de los desechos. Para ello es fundamental formar y capacitar al personal, realizar control de inventarios, incentivar la propia iniciativa de los catedráticos, alumnos y responsables del laboratorio para aumentar la conciencia de la necesidad de minimizar los desechos y reforzar el uso de metodologías preventivas en un esfuerzo por reducir el número de fugas y de derrames.

Algunas actuaciones que pueden ayudar al control de la generación de desechos en los laboratorios es la siguiente:

- Adquirir material no tóxico o el menos tóxico para el uso.
- Comprar sólo lo necesario. Un stock elevado, significa un mayor número de desechos generados por acumulación de reactivos no utilizados, o por caducidad de los mismos antes incluso de ser utilizados.
- Tratar de adquirir materiales y envases del tamaño y la cantidad necesitada.
- Promover el uso en conjunto de reactivos o el intercambio de los mismos entre usuarios comunes.

- Mantener un inventario dinámico para los materiales en stock.

4.2.2. REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE.

Hay que promover la reutilización de productos químicos utilizados en el laboratorio, siempre que sea posible, así como el reciclaje de los mismos. Existen una serie de procesos que pueden realizarse sobre los desechos químicos peligrosos de modo que puedan volver a ser utilizados para el mismo u otro fin.

Los más importantes pueden ser:

- Recuperación de disolventes a través de la destilación, para poder ser utilizados de nuevo bien en la realización de nuevos análisis o bien en operaciones de homogeneización y limpieza.
- Recuperación de metales de los residuos mediante precipitación.

Ejemplo: *En la práctica numero 10 de Química Analítica (Análisis Gravimétrico de Sulfatos) por medio del desarrollo del experimento se obtiene el precipitado de Sulfato de Bario, que puede ser reutilizado en prácticas futuras.*

En algunos casos, el reciclado puede tener lugar fuera del laboratorio, ya que el producto recuperado (igual o diferente del contaminante originalmente considerado) puede ser útil para otras actividades distintas de las del laboratorio.

4.3. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO PARA DESECHOS PELIGROSOS.

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

La reducción de la toxicidad de los desechos químicos peligrosos generados en el laboratorio 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 de el procedimiento de laboratorio (por ejemplo en el mismo laboratorio donde y cuando lo subproductos son generados) previniendo la inclusión de subproductos en la regular corriente de residuos. Idealmente, estos pasos de tratamiento deberían estar escritos en todos los procedimientos de laboratorio.

Las corrientes típicas de desechos químicos incluyen ácidos inorgánicos y bases, solventes orgánicos, metales, y un largo número de polvos secos, y productos de reacción de experimentos. Los residuos de laboratorio son usualmente mezclas, soluciones contaminadas y sustancias, e inusuales agentes químicos. Las siguientes representan algunas opciones de reducción de residuos químicos que, si se utilizan, podrían significativamente reducir 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.

Algunas de los procesos más empleados son la neutralización de ácidos y bases o la precipitación de metales pesados. En el siguiente apartado se describen los procedimientos de tratamiento de desechos más comunes que pueden emplearse para tratar los desechos químicos peligrosos producidos en laboratorios químicos.

4.3.1. PROCEDIMIENTOS DE TRATAMIENTO PREVIO A LA ELIMINACIÓN O RECICLAJE DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS.

Se describen a continuación los procedimientos generales para el tratamiento de sustancias y compuestos que por su volumen o por la facilidad del tratamiento pueden ser efectuados en el laboratorio.

Estas operaciones deben realizarse antes de la eliminación o reciclaje de los mismos.

4.3.1.1. Oxidación- Reducción.

La oxidación es una reacción química donde un compuesto cede electrones, y por lo tanto aumenta su estado de oxidación. La reacción química opuesta a la oxidación se conoce como reducción es decir cuando una especie química acepta electrones. Estas dos reacciones siempre se dan juntas, es decir, cuando una sustancia se oxida, siempre es por la acción de otra que se reduce. Una cede electrones y la otra los acepta.

4.3.1.1.1. Oxidación con peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

El H₂O₂ es una sustancia que se presenta bajo la forma de un líquido azul pálido y aspecto de jarabe que solidifica a -0,46 °C, bastante más denso que el agua ($r = 1,47$), termodinámicamente inestable a temperatura ordinaria.

Este reactivo es muy utilizado y posee muchas ventajas respecto a otros métodos de oxidación, ya que es un compuesto disponible comercialmente, estable al ser almacenado, de solubilidad infinita en agua, no genera problemas de transferencia de masa con gases, y es capaz de generar dos radicales hidroxilo por cada molécula de peróxido cuando se aplica luz UV de alta energía.

La eficiencia y velocidad de oxidación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno, depende de:

1. La reactividad de las especies intermedias generadas con los radicales OH, reduciéndose la eficiencia de la reacción.
2. La energía necesaria para romper un enlace químico presente.
3. La concentración de oxígeno molecular disuelto que permita seguir con la reacción.

4.3.1.1.2. Oxidación con KMnO_4 .

Se ha recomendado para ser utilizado como pretratamiento (coagulación y floculación), a la aplicación de cloro en aguas destinadas a consumo humano, eliminando los trihalometanos a pH neutro, como el cloroformo, reduciendo así el consumo de cloro. Se utiliza también en el control de olores en plantas depuradoras e industriales (presencia de SH_2) y en la destrucción de compuestos orgánicos contaminantes en aguas residuales industriales.

Las oxidaciones por KMnO_4 pueden realizarse en condiciones de acidez, alcalinidad o a pH neutro, observándose que en condiciones de acidez quedan en disolución iones Mn^{++} . En cambio cuando las condiciones son neutras o básicas, se genera un precipitado de color café de óxido de manganeso, el cual rápidamente se vuelve de color negro compuesto principalmente de $\text{Mn}(\text{OH})_2$, posteriormente se oxida a dióxido de manganeso (MnO_2) por efecto del aire .

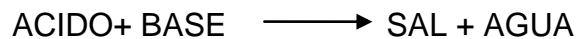
4.3.1.1.3. Oxidación con Ozono.

El ozono es un agente oxidante altamente reactivo con compuestos orgánicos e inorgánicos, posee una alta acción germicida, aún más que el mismo tratamiento con cloro gaseoso. Sin embargo su acción viene determinada por las condiciones del medio como la temperatura y el pH.

4.3.1.2. Neutralización.

Una reacción de neutralización es una reacción entre un ácido y una base. Generalmente, en las reacciones acuosas ácido-base se forma agua y una sal. Así pues, se puede decir que la neutralización es la combinación de iones hidrógeno y de iones hidróxido para formar moléculas de agua. Durante este proceso se forma una sal. Las reacciones de neutralización son generalmente exotérmicas, lo que significa que producen calor.

Generalmente la siguiente reacción ocurre:



4.3.1.3. Catálisis

La catálisis es el proceso a través del cual se incrementa la velocidad de una reacción química. El proceso de catálisis implica la presencia de una sustancia que, si bien es cierto, es parte del sistema en reacción, la misma se puede llevar a cabo sin la primera. Esta sustancia se llama catalizador. Un catalizador es una sustancia que aumenta la velocidad de una reacción, reaccionando, regenerándose y que puede ser recuperado al final de la reacción (el catalizador se fragmenta en pequeñas partículas para acelerar el proceso). Si retarda la reacción se llama inhibidor.

4.3.1.4. Procesos de Estabilización/Solidificación Utilizados para el Tratamiento de Desechos Peligrosos

En el manejo de residuos peligrosos, la estabilización/solidificación es un término normalmente utilizado para designar una tecnología que emplea aditivos para reducir la movilidad de los contaminantes, haciendo así al residuo aceptable a los requerimientos de disposición en el suelo.

La solidificación/estabilización son procesos de tratamiento designados para mejorar el manejo de residuos y las características físicas, disminuir el área

superficial a través de la cual los contaminantes se pueden transferir o infiltrar, limitar la solubilidad o desintoxicar los constituyentes peligrosos.

Tabla 4.11. Procesos de Estabilización/Solidificación.

PROCESOS DE ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN UTILIZADOS PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS PELIGROSOS	
SOLIDIFICACIÓN	Es un proceso en el que ciertos materiales se agregan al desecho para generar un sólido. Puede o no presentar enlaces químicos entre el contaminante tóxico y el aditivo
ESTABILIZACIÓN	La estabilización se refiere a un proceso por el que un desecho se convierte a una forma química más estable. El término comprende la solidificación y el uso de una reacción química para transformar el componente tóxico a nuevos componentes o sustancia no tóxicas. Los procesos biológicos no están considerados.
FIJACIÓN QUÍMICA	Transformación de contaminantes tóxicos a nuevas formas no tóxicas.
ENCAPSULACIÓN	La encapsulación es un proceso que comprende el recubrimiento total o cercamiento de una partícula tóxica o un aglomerado de residuos con una cierta sustancia (el aditivo o el aglutinante)

4.3.1.4.1. Clasificación de los Procesos de Estabilización-Solidificación.

Los procesos de estabilización/solidificación o inmovilización pueden clasificarse en las siguientes clases:

1. Solidificación por medio de adición de cemento
2. Las técnicas basadas en cementación generalmente utilizan cemento Pórtland con aditivos para mejorar las características físicas y reducir el lixiviado proveniente del residuo solidificado resultante.
3. Solidificación por medio de adición de cal u otros materiales puzolánicos.
4. La cal y los materiales puzolánicos producen matrices cementosas que atrapan al residuo física y químicamente. Las puzolanas se definen como materiales que no producen cementación por sí mismos, contiene constituyentes que en combinación con cal a temperatura normal y en presencia de agua forman compuestos insolubles estables.
5. Pueden utilizarse, materiales naturales, incluyendo el polvo volcánico y las cenizas y las puzolanas artificiales como las arcillas quemadas.
6. Fijación de residuos en materiales termoplásticos como betún, parafinas o polietileno.
7. Micro encapsulación.
8. Macroencapsulación de residuos en una cubierta inerte.
9. Encapsulación: La encapsulación implica inmovilizar los productos farmacéuticos en un bloque sólido dentro de un tambor de acero o plástico, los tambores se deben limpiar antes de usarlos y no deben de haber contenido explosivos ni materiales peligrosos.

4.3.1.5. Inertización.

La inertización es una variante del encapsulamiento e implica retirar los materiales de empaque primario y secundario. La remoción de envases reduce considerablemente el volumen y facilita la disposición por el método de inmovilización. El empaque secundario debe disponerse como un material independiente de los desechos farmacéuticos.

4.3.1.6. Incineración.

Proceso de oxidación térmica a alta temperatura, las moléculas del desecho se descomponen en gases y sólidos incombustibles. Los sólidos comprenden las cenizas y las escoria.

Parámetros:

1. Eficacia depende del diseño.
2. Control del proceso
3. Tiempo permanencia
4. Temperatura
5. Producto
6. Capacidad y eficacia de dispositivos de control.

La incineración tiene como objeto la destrucción de compuestos orgánicos a través de la combustión a altas temperaturas, produciéndose la oxidación de la materia orgánica a dióxido de carbono, agua y otros productos secundarios de la reacción. No reduce los componentes inorgánicos (metales y cenizas que pueden estar contenidas).

Los incineradores de desechos peligrosos, sobre todo los que presentan sólidos deben contar como mínimo dos cámaras de combustión. La primera a temperaturas entre 800 ° C y la segunda entre 1100 ° C y 12000 ° C. En general

se exige que el tiempo de residencia de los gases en la segunda cámara sea al menos 2 segundos.

4.3.1.7. Co-procesamiento en hornos de cemento

El co-procesamiento se refiere al uso de residuos en procesos industriales, como cemento, cal, producción de acero, centrales eléctricas o cualquier planta de combustión grande.

Significa la sustitución del combustible primario y las materias primas por residuos, lo que permite la recuperación de energía y de materiales a partir de residuos o desechos.

Los materiales y residuos usados para el co-procesamiento se conocen como combustibles y materias primas alternativas (AFR).

Las materias primas alternativas que contienen componentes que pueden volatilizarse a baja temperaturas (por ejemplo, hidrocarburos) tienen que suministrarse en las zonas de altas temperaturas del sistema de hornos rotatorios.

MATERIALES (Clinker 1450°C):

*Carbonato de calcio.

*Oxido de silicio.

*Oxido de aluminio.

*Oxido de hierro

GASES DE COMBUSTION: 1650 °C

Manteniéndose más de 1100°C / 2-5 Seg.

El cemento alcalino neutraliza los gases ácidos resultantes de los desechos. Las cenizas se incorporan al clinker. En el Anexo 2 se incluyen unas tablas de tratamiento de desechos peligrosos.

4.4. TÉCNICAS DE DISPOSICIÓN FINAL PARA DESECHOS PELIGROSOS.

A pesar de que las nuevas tecnologías planean una amplia gama de tratamiento y disposición, la opción de un método adecuado se determina fundamentalmente por su factibilidad técnica y su costo (Tchobanoglous y col., 1990). La disposición de desechos peligrosos en los ambientes marinos ha sido extensamente evaluada por los países del mundo, a través de las distintas convenciones realizadas: en la Convención de Londres de 1972; representantes de 65 naciones establecieron las primeras pases para la prohibición de descargas deliberadas de desechos peligrosos en los océanos, de tal manera que para 1990 ya no existía ese tipo de descarga. En un segundo encuentro realizado en noviembre de 1990, se acordó completar la fase final de esta prohibición para el año de 1995, al verificar la persistencia de descargas peligrosas en los océanos. Con esta legislación se puede concluir que la disposición de varios desechos peligrosos en los ambientes marinos está prohibida y que se requieren controles estrictos sobre ellos (World Rescources, 1992).

En la práctica, se utiliza regularmente un número limitado de técnicas, de las cuales **el relleno de seguridad es la más corriente**. En muchos países, el suelo es un bien asequible y a menudo puede disponerse de áreas no productivas o abandonadas para la eliminación de los desechos (Pearce, 1983). Es necesario disponer de sitios de eliminación para los desechos recientemente generados que, a pesar de las técnicas de almacenamiento y tratamiento, representan aún un riesgo potencial; aparte de los factores económicos, es importante considerar las características hidrológicas y ambientales existentes. Como resultado de lo anterior, se debe identificar los sitios y crear las instalaciones aceptables para la eliminación de tales desechos (Domínguez, 1983).

La selección de un sitio para ubicar una instalación de eliminación de desechos peligrosos depende de varios factores y obstáculos técnicos e institucionales, entre los cuales los más importantes son:

- 1) Restricciones institucionales.
- 2) Vida útil no inferior a los 5 años.
- 3) Aislamiento especial, que no permita la entrada de líquidos y a una distancia mayor de 200 m de cualquier curso hídrico o sistema de abastecimiento de agua potable.
- 4) Impermeabilización adecuada con fondo de arcilla compactada de 60 cm. de espesor o membrana plástica de 200 micrómetros en todo el fondo de la fosa.
- 5) Deberá aplicarse una cobertura de tierra de 20 cm. de espesor luego de cada utilización.
- 6) Cobertura final de arcilla de 50 cm. de espesor.
- 7) Zona delimitada con cercado perimetral para evitar el ingreso de personas no autorizadas.
- 8) Señalización adecuada.
- 9) Consideraciones geográficas; uso de tierras, aguas, rutas de transporte, distribución de la población, etc.
- 10) Consideraciones geológicas: proximidad a zonas con fallas, potencial de desprendimientos de tierras, fenómenos sísmicos, etc.
- 11) Características de los desechos: propiedades y volumen de los desechos;
- 12) Prioridades administrativas; financiamiento de la instalación durante el primer período, la operación, el control a largo plazo y la protección y mantenimiento tras el cierre del sitio.

13) Consideraciones sociales y ambientales: ecología, recursos hidráulicos, recursos arqueológicos, factores sociopolíticos y socioeconómicos (Pearce, 1983).

El objetivo principal de un sitio de seguridad es el de aislar los materiales de desecho dentro de un área cerrada y prevenir las filtraciones incontroladas de contaminantes líquidos. El diseño de una instalación, por consiguiente, requiere precauciones tales como una capa de arcilla y membrana impermeable para evitar el escape de cualquier cantidad de lixiviado, una capa de caliza en el fondo del relleno para neutralizar el pH del lixiviado, también se puede proveer una cubierta sobre el relleno terminado con pendiente uniforme bien acabada en material impermeable y por último una capa de tierra de 60 cm de espesor o más, sobre la capa impermeable. El relleno terminado debe ser observado continuamente en forma visual y mediante pozos de aguas subterráneas (Pearce, 1983; Tchobanoglous y col., 1990).

Cabe destacar que para el caso de los desechos generados en los laboratorios de Ingeniería Química que requieran disposición final esta deberá hacerse con alguna institución que se encargue de este tipo de actividades, y no disponer de ellos dentro del laboratorio.

Y debe tenerse en cuenta que:

- En los países de la región, no existen plantas de tratamiento para desechos peligrosos.
- No existen celdas específicas para la disposición final de desechos peligrosos.
- Desechos que no deben quemarse en hornos cementeros porque necesitan T° mayores o no cumplen con las características deseables: alto contenido en agua, azufre, cloro o metales pesados, tienen como única alternativa la destrucción mediante incineración, gasificación o pirólisis.

4.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL PARA USO EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

Se definen los Equipos de Protección Individual (EPI) como cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador o alumno para que le proteja de uno o varios riesgos, que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo o realización de alguna tarea académica, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Los Equipos de Protección Individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Los equipos de protección individual pueden clasificarse, considerando la parte del cuerpo que protejan, en los siguientes grupos:

- Protectores de los ojos y la cara
- Protectores de la piel
- Protectores de las manos y los brazos
- Protectores de las vías respiratorias
- Protectores del oído
- Protectores de las piernas
- Protectores del tronco y del abdomen
- Protectores de la totalidad del cuerpo

De todos ellos los más utilizados en el laboratorio son los protectores de la piel, de los ojos, de las vías respiratorias, de las manos y de los brazos.

Gafas

Las gafas tienen el objetivo de proteger los ojos del trabajador o estudiante, por lo tanto es necesario que todos los estudiantes, personal docente y personal de laboratorio que están presentes en las prácticas de laboratorio hagan uso de las gafas.

Para que resulten eficaces, requieren combinar junto con unos oculares de resistencia adecuada, un diseño o montura o bien unos elementos adicionales adaptables a ella, con el fin de proteger el ojo en cualquier dirección. Considerando el tipo de montura se pueden agrupar en:

- ✓ Gafas tipo universal. Pueden estar provistas, aunque no necesariamente, de protección adicional.
- ✓ Gafas tipo copa o cazoleta. Encierran cada ojo aisladamente. Están constituidas por dos piezas, integrando el aro portaocular y la protección lateral. También puede ser adaptables al rostro con un único ocular.
- ✓ Gafas integrales. La protección adicional está incluida en la misma montura. Pueden ser utilizadas conjuntamente con gafas graduadas.

En determinados casos, en que vayan a ser utilizadas de forma continuada por una persona que necesita gafas graduadas, pueden confeccionarse gafas de seguridad graduadas.

Debe utilizarse gafas protectoras en el laboratorio siempre que se manipule:

- Material de vidrio a presión reducida
- Sustancias químicas tóxicas
- Material de vidrio a presión elevada

- Materiales inflamables
- Explosivos
- Sustancias carcinogénicas
- Sustancias cáusticas, irritantes o corrosivas
- Luz láser
- Luz ultravioleta



Figura 4.13: Gafas Protectoras.

Las personas que utilicen lentes de contacto en el laboratorio deben ser conscientes de los peligros potenciales que supone:

- Será prácticamente imposible retirar las lentes de contacto de los ojos después de que se haya derramado una sustancia química en el área ocular.
- Las lentes de contacto interferirán con los procedimientos de lavado de emergencia
- Las lentes de contacto pueden atrapar y recoger humos y materiales sólidos en el ojo.

- Si se produce la entrada de sustancias químicas en el ojo y la persona se queda inconsciente, el personal de auxilio no se dará cuenta de que lleva lentes de contacto.

Por estos motivos se recomienda encarecidamente no usar lentes de contacto en el laboratorio.

Protección de las vías respiratorias

En muchas prácticas de laboratorio se manipulan reactivos que emanan vapores por ejemplo el ácido clorhídrico, el amoníaco; por lo tanto es recomendable utilizar por todo el personal docente, de laboratorio y estudiantil el uso de mascararas para la protección de las vías respiratorias, lo recomendable seria que cada uno tuviera su mascarilla de protección personal así de esta manera evitar compartirla y por consiguiente evitar enfermedades infecciosas respiratorias.

El objetivo de los equipos de protección individual de las vías respiratorias es de tratar de impedir que el contaminante penetre en el organismo a través de esta vía.

Las mascarillas son los equipos de este tipo, de uso más habitual en los laboratorios. Utilizan el aire del ambiente y lo purifican, es decir retienen o transforman los contaminantes presentes en él para que sea respirable. Presentan dos partes claramente diferenciadas: el adaptador facial y el filtro. El adaptador facial tiene la misión de crear un espacio herméticamente cerrado alrededor de las vías respiratorias, de manera que el único acceso a ellas sea a través del filtro.

Los adaptadores deben tener, entre otras, las siguientes propiedades: máxima hermeticidad, mínima resistencia al paso del aire, máxima visibilidad en las máscaras y máximo confort de utilización.



Figura 4.14: Mascarilla con filtro de gases combinado

Los filtros tienen la misión de purificar el aire y eliminar la contaminación. Existen diferentes filtros según los productos químicos que se utilicen y diferentes tamaños de poro según el tamaño de la partícula a retener. Los filtros tienen fecha de caducidad. Suelen caducar a los seis meses para uso continuado.

La **mascarilla auto filtrante** es un tipo especial de protector respiratorio que reúne en un solo cuerpo inseparable el adaptador facial y el filtro. No son adecuadas para la protección de gases o vapores, siendo más adecuada para la protección frente a partículas sólidas y aerosoles.

Guantes

Los guantes de seguridad se fabrican en diferentes materiales (PVC, PVA, nitrilo, látex, neopreno, etc.) en función del riesgo que se pretende proteger. Para su uso en el laboratorio, además de la necesaria resistencia mecánica a la tracción y a la perforación, es fundamental la impermeabilidad frente a los distintos productos químicos. Téngase en cuenta que la utilización de guantes no impermeables frente a un producto, si hay inmersión o contacto directo importante, no solamente no protege sino que incrementa el riesgo. Por estos motivos, a la hora de elegir un guante de seguridad es necesario conocer su idoneidad, en función de los

productos químicos utilizados, mediante el correspondiente certificado de homologación que debe ser facilitado por el suministrador.

La certificación de un guante de protección exige unos mínimos de resistencia a la tracción y a la perforación que garantice la integridad del mismo en situaciones normales de trabajo y los clasifica según los productos o familias de compuestos contra los que protege. Otros aspectos que han de considerarse en la elección de los guantes son la longitud del manguito (zona que forma el guante desde el borde superior hasta la muñeca) y el forro o revestimiento. En la elección debe prevalecer, a igualdad de características protectoras, la comodidad.

La disminución en el sentido del tacto que ocasiona el uso de los guantes es una dificultad para la realización de algunos trabajos. En estos casos, y si está justificado, debe optarse por la utilización de guantes de menor espesor, aunque no sean los más adecuados para el contaminante presente, observando la precaución de aumentar la frecuencia de cambio de los mismos. En otras circunstancias puede recomendarse la utilización de un doble guante si se juzga insuficiente la protección ofrecida por uno sólo.

Estas situaciones ocurren a menudo con la utilización de guantes de látex, generalizada en gran número de laboratorios. En la siguiente tabla se indican algunos tipos de guantes y su resistencia frente a determinados productos químicos:

Tabla 4.12: Tabla de tipos de guantes y su resistencia frente a determinados productos químicos.

COMPUESTO QUÍMICO	COMPOSICIÓN DE LOS GUANTES					
	Caucho natural o látex	Neopreno	Buna-n (nitrilo)	Butilo	PVC	PVA
Ácidos inorgánicos						
Ácido crómico	M	R	R	B	B	M
Ácido clorhídrico 38%	B	E	B	B	E	M
Ácido fluorhídrico 48%	B	E	B	B	B	M
Ácido fosfórico	B	E	B	B	B	M
Ácido nítrico 70%	M	B	I	B	R	M
Ácido nítrico fumante (Humos rojos)	NC	I	I	NC	I	M
Ácido nítrico fumante (Humos amarillos)	NC	I	I	NC	I	M
Ácido sulfúrico 95%	E	E	R	B	R	M
Ácidos orgánicos						
Ácido acético	E	E	B	B	B	M
Ácido fórmico	E	E	R	B	E	I

Tabla 4.12: Tabla de tipos de guantes y su resistencia frente a determinados productos químicos (Continuación).

Aminas						
Anilina	R	R	B	B	B	R
Dietilamina	R	B	E	NC	R	R
Hidracina	B	R	B	NC	B	M
Disolventes aromáticos						
Benzol	M	I	B	NC	I	E
Destilados de alquitrán de hulla	M	R	B	NC	R	E
Estireno	M	R	B	NC	I	E
Tolueno	M	M	E	M	B	E
Xileno	M	I	B	R	M	E
Disolventes acetonas						
Acetona	E	B	I	B	I	R
Metil etil cetona	E	B	R	B	M	E
Metil isobutil cetona	E	B	R	B	R	B
Disolventes clorados						
Cloroformo	M	B	B	R	M	E
Cloruro de metilo	R	B	B	NC	M	E

Tabla 4.12: Tabla de tipos de guantes y su resistencia frente a determinados productos químicos (Continuación).

Tetracloruro de carbono	M	R	B	M	R	E
Tricloroetileno t.c.e.	M	B	B	NC	M	E
Disolventes derivados del petróleo						
Hexano	M	R	E	NC	R	E
Keroseno	M	B	E	M	R	E
Pentano	R	B	E	M	M	E
Disolventes varios						
Acetato de etilo	I	B	B	B	M	I
Acetato de propilo	B	B	B	B	I	B
Acrilonitrilo	B	B	R	B	I	E
Bromuro de metilo	R	B	B	NC	M	E
Disolventes de pintura	R	B	B	NC	R	E
Freón 11, 12, 21, 22	M	B	I	NC	R	E
Otros productos						
Aceite de corte	I	E	B	M	B	R
Baños electrolíticos	E	E	B	I	E	M
Barniz para madera (tung oil)	M	B	B	NC	R	E

Tabla 4.12: Tabla de tipos de guantes y su resistencia frente a determinados productos químicos (Continuación).

Diisocianato de tolueno	B	R	B	NC	M	B
Disulfuro de carbono	M	R	B	M	R	E
Etilenoglicol	E	E	B	B	B	B
Glicerina	E	B	B	B	E	R
Grasas animales	E	B	B	NC	B	E
Peróxido de hidrógeno 50% (Agua oxig.)	B	B	B	B	R	I
Resinas de épxi	E	E	B	B	E	E
Tintas de imprimir	B	E	E	NC	I	E
Trinitrotolueno	B	B	B	B	E	E
Trementina	M	B	E	M	B	E

E = excelente B = bueno R = regular I = inferior M = malo NC = no comprobado

4.6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA PARA LABORATORIOS QUÍMICOS

Son elementos de ayuda en caso de emergencias (vertidos, salpicaduras, derrames, etc.). Deben mantenerse en buen estado y al alcance para que su uso pueda realizarse con la rapidez requerida, así como debidamente señalizados, procurando que su ubicación no genere un nuevo riesgo para el laboratorio.

Los equipos de protección colectiva más habituales son las ***vitrinas de gases, los extractores, los neutralizadores, las duchas y lavaojos de emergencias.***

Vitrinas extractoras de gases.

Las vitrinas extractoras capturan, contienen y expulsan las emisiones generadas por sustancias químicas peligrosas. Protegen contra proyección y salpicaduras y facilitan la renovación del aire limpio.

El propósito de las vitrinas extractoras de gases es prevenir el vertido de contaminantes en el laboratorio. Ello se consigue extrayendo el aire del laboratorio hacia el interior de la campana, en las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería Química existe una vitrina de extracción de gases no funciona adecuadamente, lo ideal sería que se cambie por completo o en mínima instancia cambian piezas para que esta funcione correctamente y así brindar una mayor seguridad de evacuación de los gases dentro del laboratorio.



Figura 4.15: Vitrina extractora de gases.

A continuación, se detallan algunas recomendaciones para la utilización de las vitrinas extractoras:

- Se debe trabajar, al menos, a 15 cm del marco de la campana.
- Las salidas de gases de los reactores deben estar enfocadas hacia la pared interior, y si fuera posible, hacia el techo de la campana.
- No se debe utilizar la campana como almacén de productos químicos. La superficie de trabajo debe mantenerse limpia.

- Hay que tener precaución en las situaciones que requieren bajar la ventana de guillotina para conseguir una velocidad frontal mínimamente aceptable. La ventana debe colocarse a menos de 5 cm de la superficie de trabajo.
- Las vitrinas extractoras deben estar siempre en buenas condiciones de uso. El operador no debería detectar olores fuertes procedentes del material ubicado en su interior. Si se detectan, hay que asegurarse de que el extractor está en funcionamiento.
- Se deberá realizar un mantenimiento preventivo de las vitrinas para que la velocidad siga estando dentro de los márgenes de seguridad, además de prestar especial atención a los conductos para evitar fugas.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que presentan los siguientes inconvenientes:

- Las vitrinas aspiran y extraen el aire climatizado del laboratorio ocasionando un gasto energético que hay que considerar.
- No aseguran la protección del operador frente a los microorganismos y los contaminantes presentes en el laboratorio.

Campanas localizadas (extractores).

Es muy conveniente colocar uno para mayor seguridad en los experimentos que producen vapores nocivos a la salud y que se necesita estar manipulando directamente, previamente tomando las medidas en el uso de mascarías, gafas y guantes apropiados.

Las utilidades de estos equipos son:

- facilitan la renovación del aire
- eliminan los productos no deseables del ambiente.

En muchos casos es aconsejable instalar pequeñas campanas o rendijas en lugar de utilizar vitrinas. Por ejemplo, en ensayos fisicoquímicos que pueden implicar desprendimientos de humos, es más recomendable instalar alguno de los elementos mencionados que alojar los aparatos en el interior de una vitrina, ya que además del costo de construcción que supone una vitrina, ésta quedaría inutilizada para otros usos debido al tamaño de los aparatos.



Figura 4.16: Campanas extractoras localizadas.

Mediante esta técnica de extracción podrían ser retirados por ejemplo, los vapores y gases calientes provenientes de baños calientes de aceite y de agua, placas calefactoras, muflas, estufas y cromatografías de gases.

Lavaojos.

Es un sistema que permite la descontaminación rápida y eficaz de los ojos y que está constituido básicamente por dos rociadores o boquillas capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara, una pileta provista del correspondiente desagüe, de un sistema de fijación al suelo o a la pared y de un accionador de pie (pedal) o de mano.

El chorro proporcionado por las boquillas debe ser de baja presión para no provocar daño o dolor innecesario. El agua debe ser potable y es recomendable que sea templada.



Figura 4.17: Lavaojos

Duchas de seguridad.

Constituyen el sistema de emergencia más habitual para casos de proyecciones con riesgo de quemaduras químicas e incluso si se prende fuego en la ropa.



Figura 4.18: Ducha de seguridad.

Extintores.

Los extintores son aparatos que contienen un agente o sustancia extintora que puede ser proyectada y dirigida sobre el fuego por acción de una presión interna. Dado que existen distintos tipos de fuego, debe decidirse en cada caso el agente extintor adecuado: agua pulverizada o a chorro, polvo, polvo polivalente, espuma o CO₂. Para su uso en el laboratorio, la experiencia demuestra que los más prácticos y universales son los de CO₂, ya que, dada la presencia de instrumental eléctrico delicado y productos químicos reactivos, otros agentes extintores podrían producir agresiones irreparables a los equipos o nuevos focos de incendios. Es totalmente desaconsejable la utilización de extintores no adecuados a las características del material que arde, ya que pueden favorecer el desarrollo del incendio.



Figura 4.19: Extintores y mangueras contra incendio.

Neutralizadores

Otros elementos de actuación y protección para actuaciones de emergencia en caso de derrames o vertidos accidentales son los agentes neutralizadores. Los neutralizadores y absorbentes o adsorbentes necesarios estarán en función de la actividad del laboratorio y de los productos utilizados. Normalmente debe disponerse de agentes específicos para ácidos, bases, disolventes orgánicos y mercurio, lo que constituye el denominado “equipo básico”. Así mismo es recomendable disponer de materiales altamente adsorbentes para control físico de vertidos que no requieran tratamientos especiales o como complemento de éstos.

4.7. SEÑALIZACIÓN ADECUADA PARA LABORATORIOS QUÍMICOS.

Señales de Advertencia

Forma triangular. Pictograma negro sobre fondo amarillo (el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50 % de la superficie de la señal), bordes negros. Con excepción, el fondo de la señal sobre “materias nocivas o irritantes” será de color naranja, en lugar del amarillo, para evitar confusiones con las señales similares utilizadas para la regulación del tráfico en carretera.



Figura 4.20: Esquema de señalización de advertencia.

Señales de prohibición

Forma redonda. Pictograma negro sobre fondo blanco, bordes y banda (transversal descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma a 50 o respecto a la horizontal) rojos (el rojo deberá cubrir como mínimo el 35% de la superficie de la señal).



Figura 4.21: Esquema de señalización de prohibición

Señales de obligación

Forma redonda. Pictograma blanco sobre fondo azul (el azul deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal).



Figura 4.22: Esquema de señalización de obligación.

Señales de salvamento y de socorro

Forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo verde (el verde deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal).



Figura 4.23: Esquema de señalización de salvamento y socorro

Señales de equipos contra incendios.

Forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal).



Figura 4.24: Esquema de señalización de equipos contra incendio

4.8. GESTIÓN DE SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

La gestión de seguridad contempla aspectos de prevención de riesgos laborales, a través de la metodología propuesta para la realización de mapas de riesgos. Con respecto a las mejores prácticas correctivas ante una emergencia, se propone el uso y divulgación del manual de Primeros auxilios (*Ver Anexo 4.13.2 TESIS "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN EN LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR BASADO EN LAS BUENAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN EMPRESARIAL Y SISTEMA 5S)* y con respecto a la Prevención y corrección de incendios se propone el uso y divulgación del manual contra incendios (*Ver Anexo 4.13.1*).de la tesis citada con anterioridad

4.8.1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LABORATORIOS QUÍMICOS.

La prevención de los riesgos laborales dentro del laboratorio, está basada en técnicas que se aplican para determinar los peligros relacionados con tareas, los usuarios que ejecutan dichas tareas, personas involucradas, equipos y materiales que se utilizan y el ambiente donde se ejecuta el trabajo. Además está basada en proveer de la mayor cantidad de información preventiva así como también de los conocimientos adecuados para evitar acciones inseguras y mejorar condiciones inseguras de trabajo. Los objetivos de la prevención de riesgos son:

- Identificar peligros en áreas específicas
- Mejorar procedimientos de trabajo
- Eliminar errores en el proceso de ejecución en una actividad específica.

4.8.1.1. MAPAS DE RIESGO.

El mapa de riesgos es una técnica para recuperar la experiencia de los trabajadores y usuarios del laboratorio y formalizar un "esquema de orientación gráfico" respecto a los riesgos presentes en las áreas de trabajo.

La técnica del mapa de riesgos consta de los siguientes pasos:

- Caracterización del lugar.
- Valoración de los riesgos.
- Dibujo del laboratorio y del proceso.
- Ubicación de los riesgos prioritarios.
- Representación gráfica de los riesgos.
- Recomendaciones e información de cada riesgo encontrado.

a. Caracterización del lugar.

Pasos a seguir para caracterizar adecuadamente los laboratorios.

1. **Definición del alcance de cada mapa:** Consistirá en la delimitación del área física a evaluar, ya sea una unidad, un departamento o el laboratorio en su totalidad y establecer el número de mapas que cubrirán todas las áreas físicas. Además se establecerá la cantidad de trabajadores y usuarios máximos que harán uso de ese espacio.
2. **Realización de una inspección general:** Para identificar, evaluar y controlar oportunamente las condiciones de riesgo laboral y las acciones inseguras, a través de un listado concreto de riesgos posibles. La inspección se realiza con los miembros del comité de seguridad de los laboratorios, conformados por responsables administrativos del laboratorio, empleados y usuarios (Instructores de diferentes cátedras).
3. **Creación de una matriz de riesgos,** a través del listado obtenido en la inspección general, la cual debe adecuarse y acoplarse a las necesidades reales del laboratorio con los miembros del comité de seguridad o personal del laboratorio.

A continuación se muestra como guía la siguiente matriz de evaluación como base para ser modificada, adaptada y adecuada a cada laboratorio específico:

Tabla 4.13: Matriz de evaluación de riesgos.

CÓDIGO	RIESGO	Probabilidad			Consecuencias			Estimación				
		Ba	Me	Al	Le	Gr	+ Gr	Tr	To	Mo	Im	In
1	Caídas desde diferentes alturas											
2	Caídas desde mismo nivel											
3	Caídas manipulación de objetos											
4	Choques de objetos desprendidos											
5	Pisadas sobre objetos											
6	Choques contra objetos inmóviles											
7	Choques contra objetos móviles											
8	Golpes – Cortes											
9	Proyección de Partículas											
10	Atrapamiento por o entre objetos											
11	Sobreesfuerzo											
12	Riesgos eléctricos											
13	Exposición a sustancias nocivas											
14	Explosiones											

Tabla 4.13: Matriz de evaluación de riesgos (Continuación).

CÓDIGO	RIESGO	Probabilidad			Consecuencias			Estimación				
		Ba	Me	Al	Le	Gr	+ Gr	Tr	To	Mo	Im	In
15	Incendios											
17	Contaminantes Químicos: vapores											
18	Contaminantes Químicos: gases											
19	Contaminantes Químicos: aerosoles											
20	Contaminantes Químicos: polvo											
21	Ruido											
22	Vibraciones											
23	Iluminación											
24	Temperatura (calor-frío)											
25	Radiaciones no ionizantes											
26	Puestos de trabajo con pantallas de visualización											
27	Ergonómicos											
28	Quemaduras											
29	Consecuencias médicas a largo plazo											
30	Intoxicación											
31	Heridas											

b. Valoración de los riesgos

La valoración de los riesgos prioritarios, comprende un análisis de la gravedad de los daños y riesgos en función de la realidad de cada laboratorio y de la matriz de riesgos previamente elaborada.

Tabla 4.14: Interpretación de las abreviaturas de la valoración de riesgos

INTERPRETACIÓN DE LAS ABREVIATURAS					
PROBABILIDAD		CONSECUENCIAS		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
Ba	Baja	Le	Leve	Int	Intolerable
Me	Media	Gr	Grave	Imp	Importante
Al	Alta	+Gr	Muy Grave	Mod	Moderado
				Tol	Tolerable
				Tri	Trivial

Para poder determinar si los riesgos detectados son importantes o no, y poder ordenar la actuación preventiva, es preciso poder clasificar estos riesgos en función de su magnitud.

Para ello, se tiene en cuenta dos variables:

- **Consecuencia:** que indica el daño que se puede producir al trabajador si el riesgo se materializa.
- **Probabilidad:** que indica si es fácil o no que el riesgo se materialice en las condiciones existentes.
- **Estimación del riesgo:** definición de la magnitud o clasificación del riesgo de accidente.

Una vez determinada la probabilidad y consecuencia del riesgo, por medio de la tabla siguiente, se obtendrá una clasificación del mismo. Basta entrar en la misma con los datos de la probabilidad y consecuencia para determinar la clasificación de forma sencilla.

Tabla 4.15: Tabla de clasificación de riesgos.

		CONSECUENCIAS		
		LEVE	GRAVE	+ GRAVE
PROBABILIDAD	BAJA	RIESGO TRIVIAL	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO
	MEDIA	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE
	ALTA	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO INTOLERABLE

Tabla 4.16: Tabla de estimación de riesgos.

RIESGO	ACCIÓN
TRIVIAL	No se requiere acción específica
TOLERABLE	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo deben considerarse soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante.
MODERADO	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones económicas precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado a consecuencias muy graves, se precisará una acción posterior para establecer con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.

Tabla 4.16: Tabla de estimación de riesgos (Continuación).

RIESGO	ACCIÓN
IMPORTANTE	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
INTOLERABLE	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo inclusive con recursos ilimitados se prohíbe el trabajo.

c. Diagrama del laboratorio y del proceso.

Se deberá elaborar una vista de planta del área, especificando cómo se distribuyen en el espacio las diversas etapas del proceso y las principales máquinas o instrumentos fijos en la infraestructura del laboratorio ó área delimitada. Debe ser lo más claro posible y reflejar los diferentes ambientes del lugar.

d. Ubicación de los riesgos

Una vez realizada la lista de riesgos prioritarios se procederá a identificar los riesgos, señalándolos en el mapa estructural del laboratorio, los puntos donde están presentes. Este paso puede realizarse en un primer momento de forma manual para luego acoplarse a un formato digital que incluya la representación gráfica de los riesgos e información indispensable para su estimación.

e. Representación Gráfica de los riesgos.

La lista de riesgos valorados se reportará en conjunto con el mapa de riesgos del área. Junto al riesgo deben reportarse 5 elementos importantes para su estimación:

- La abreviatura del nombre del riesgo.
- El número de trabajadores o usuarios expuestos al riesgo.
- La abreviatura de la probabilidad de ocurrencia.
- La abreviatura de la consecuencia del accidente.
- La abreviatura de la estimación del riesgo.

A continuación se propone la estructura de ubicación de dichos datos:

Abreviatura del Nombre del riesgo.		No de usuarios máximos en el área.
SÍMBOLO DEL RIESGO		
Abreviatura de Probabilidad.	Abreviatura de la Estimación del riesgo	Abreviatura de la consecuencia.

Ejemplo de representación del riesgo de Incendios.


INC		25
		
ME	IMP	+GR

Figura 4.25: Formato para representación gráfica de peligros.

Una vez finalizado el mapa de riesgos, deberá colocarse en un lugar visible y difundirlo entre los demás empleados y usuarios.

Los símbolos, colores utilizados y formas geométricas de representación.



GOLPES - CO RTES



QUEMADURA



**PISA DAS SOBRE
OBJE TOS**



ILUMI NACION



QUIMICO



EXP LOSIONES



ELECTRICOS



**EXPOSICION A
SUS TANCIAS NOCI VAS**

Figura 4.26: Símbolos para representación de los riesgos en el mapa de Riesgos.



RUIDO



**RADIACIONES NO
IONIZANTES**



INCENDIOS



**CAIDAS MANIPULACION
DE OBJETOS**



SOBRESFUERZO



BIOLOGICO



**ATRAPAMIENTO
ENTRE OBJETOS**



**CAIDAS DESDE
DIFERENTES ALTURAS**



**TRANSITO
VEHICULAR**



**OBJETOS
DESPRENDIDOS**



TEMPERATURA



**CAIDAS DESDE
MISMO NIVEL**





Figura 4.26: Símbolos para representación de los riesgos en el mapa de Riesgos (Continuación).

Tabla 4.17: Código de colores y formas geométricas para esquematización en el mapa de riesgos.

COLORES DE CONTRASTE

COLORES DE SEGURIDAD	COLORES DE CONTRASTE
ROJO	BLANCO
AMARILLO	NEGRO
VERDE	BLANCO
AZUL	BLANCO

FORMAS GEOMETRICAS

SEÑAL DE	FORMA GEOMETRICA	SIGNIFICADO
INFORMACION		Proporciona información
PREVENCION		Advierte de un peligro
PROHIBICION		Prohíbe una acción que puede provocar un riesgo
OBLIGACION		Exige una acción determinada

Con el objetivo de facilitar la comparación y tener una memoria del trabajo realizado, es importante mantener los mapas en diferentes áreas y carteleras dentro del laboratorio.

f. Recomendaciones e información de cada riesgo encontrado.

A continuación se muestra como guía las recomendaciones de los riesgos básicos encontrados en la mayoría de laboratorios; se recomienda para cada laboratorio específico y luego de tener el listado de riesgos tras la inspección general, modificarla, adaptarla y adecuarla.

Tabla 4.18: Tabla de recomendaciones de acuerdo al tipo de riesgos.


	Recomendaciones de acuerdo al riesgo	
	Riesgo	Área(s)
Caídas desde diferentes alturas.		Utilizar elementos de seguridad adecuados.
		Utilizar medios de protección colectiva como barandillas, escaleras de seguridad, etc.
Choques por objetos desprendidos		Situar las herramientas en lugares seguros, bien ancladas y fijadas.
		No trabajar debajo de cargas o pesos suspendidos.
		Formar e informar a los trabajadores sobre los riesgos específicos.
		Realizar un buen mantenimiento de las instalaciones y cambiar las piezas y sujeciones que estén defectuosas.
Golpes – Cortes		Procurar que las herramientas utilizadas sean las correctas, fáciles de manejar y adecuadas a los trabajadores.
		Desechar o reparar las herramientas en mal estado.
		Corregir hábitos incorrectos y formar adecuadamente a los trabajadores en el uso de las herramientas.
		Utilizar equipos de protección individual (Guantes, calzado, etc.) cuando sean necesarios.
		Adecuar los niveles de iluminación a los mínimos recomendados
Proyección de Partículas		Utilizar la herramienta adecuada para el trabajo que se va a realizar.
		Utilizar gafas de protección
		Formar e informar al trabajador de los riesgos.
		Utilizar medios de protección colectiva en máquinas como resguardos o pantallas.
		Mantener la maquinaria en perfecto estado

Tabla 4.18: Tabla de recomendaciones de acuerdo al tipo de riesgos (Continuación).


	Recomendaciones de acuerdo al riesgo	
Riesgo	Área(s)	Recomendaciones
Exposición a sustancias nocivas		Utilizar recipientes adecuados, cerrados herméticamente y con sus etiquetas de identificación.
		Poseer un botiquín de primeros auxilios adecuado para las emergencias mas comunes como quemaduras por sustancias químicas, dolores de cabeza, etc.
		Contar con las hojas de seguridad de las sustancias químicas de uso en os Laboratorios.
		Formar e informar a los trabajadores de los riesgos del uso de este tipo de sustancias.
Incendios y/o Explosiones		Prohibición de fumar.
		Contar con extintores contra incendios adecuados para cada área.
		Recoger rápidamente los líquidos inflamables que pudiesen haber caído sobre el suelo.
		Retirar rápidamente los desechos, impidiendo que se acumulen.
		Señalización de las instalaciones y material contra incendios.
		Limpieza de derrames y restos de combustibles, utilización de recipientes seguros y herméticamente protegidos.
		La instalación eléctrica debe estar protegida y particularmente en atmósferas explosivas.
		Contar con un plan de emergencia y evacuación divulgado a los usuarios y trabajadores.
		Las vías de evacuación y las puertas de salida deben ser amplias, estar señalizadas y encontrarse libres de obstáculos.
Quemaduras		Comprobar el termostato de las máquinas.
		Limpiar las grasas de las inmediaciones de las máquinas, etc.
		Utilizar equipos de protección personal como guantes, etc.
Contaminantes Químicos: gases		Señalización de riesgos.
		Buena ventilación general.
		Sistemas de evacuación de gases.
		Formación e información acerca de los riesgos posibles que genera la manipulación de ciertas sustancias químicas.

Tabla 4.18: Tabla de recomendaciones de acuerdo al tipo de riesgos (Continuación).

Riesgo	Áreas	Recomendaciones
		Extracción localizada.
Contaminantes Químicos: polvo		Mantenimiento preventivo de las instalaciones y equipos de trabajo.
		Limpieza de los locales y puestos de trabajo, de forma periódica.
		Señalización de riesgos.
		Buena ventilación general.
Ruido		Utilización de equipos de protección individual.
		Utilizar protección personal auditiva.
		Realizar un correcto mantenimiento de las máquinas.
		Realizar mediciones periódicas en el lugar de trabajo.
Temperatura (Calor-frio)		Acondicionar los locales de trabajo, para conseguir unos niveles adecuados de temperatura y humedad, y asegurando una adecuada ventilación y renovación del aire.
Ergonómicos		Permitir la realización del trabajo alternando la posición de pie y sentado.
		Cuidar que la columna esté en posición recta en todo momento, evitando torsiones o inclinaciones innecesarias.
		Formar e informar a los trabajadores de los riesgos específicos
		Ayudar el desplazamiento de materiales con medios mecánicos.
		Las herramientas y útiles de trabajo debe adaptarse a la anatomía funcional de la mano.
		Es muy importante informar y adiestrar al personal en las técnicas de manutención y levantamiento de cargas.

Finalmente se recomienda que se elabore un manual donde se contenga esta información y se contemple las definiciones específicas de cada riesgo del listado general encontrado en la inspección general. *Ref. Servicio de prevención de riesgos laborales. Universidad de Jaen.*

CAPITULO 5

5. PROPUESTA PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

En este capítulo se enmarca la propuesta hecha para el manejo adecuado de los desechos peligrosos generados en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química específicamente de las asignaturas Química Analítica y Química Inorgánica, también se propone equipo adecuado para el desarrollo de prácticas de laboratorio.

Aquí se describe el manejo, almacenamiento, tratamiento, disposición final e incluso la reducción de reactivos que se ha realizado todo con el fin de generar la menor cantidad posible de desechos, siendo así más amigable con el medio ambiente.

Para poder determinar los desechos generados en las prácticas de laboratorio realizadas, se llevó a cabo una revisión en el manual de laboratorio con el objetivo de poder identificar las prácticas que poseen un mayor grado de peligrosidad de desechos generados; ya que estas se prestan para implementar todas las técnicas de manejo, almacenamiento, tratamiento y disposición final que se plantearon con anterioridad en los capítulos 3 y 4.

5.1. PROPUESTA DE INFORMACIÓN AL PERSONAL QUE USA LAS INSTALACIONES.

Es de mucha importancia que en todos los manuales de laboratorio exista una sección en la cual describa de forma clara y ordenada normas de trabajo y requisitos para permanecer dentro de las instalaciones, además información fundamental sobre la legislación relacionada a la prevención de la contaminación del medio ambiente, a continuación se detallan algunas:

a) Requisitos para permanecer en las instalaciones del laboratorio.

Todo alumno tiene que tener su manual de laboratorio y su cuaderno o libreta de apuntes, en el cual estará la practica a realizar en forma de flujograma.

Vestir apropiadamente el uso de gabacha, pantalones, zapatos cerrados, guantes de látex y anteojos de seguridad.

No ingerir alimentos dentro de las instalaciones.

Conocer la toxicidad de todos los reactivos que se utilizaran en la práctica.

Conocer el uso adecuado del equipo que se utilizara.

b) Normativa salvadoreña que deben tener conocimiento para prevenir la contaminación.

Ley del Medio Ambiente de El Salvador.

Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos Decreto N°41 de El Salvador.

Norma para regular la calidad de aguas de tipo especial descargadas alcantarillado sanitario.

5.2. PROPUESTA DEL DISEÑO DE LAS ÁREAS DE TRABAJO Y ALMACENAMIENTO.

De acuerdo a las normas de seguridad en los laboratorios, las instalaciones dentro del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Los laboratorios y zonas de almacenamiento de sustancias químicas deben disponer de duchas de seguridad, fuentes lavajos y contar con extintores de fuego según el tipo de riesgo.
- Deberá disponerse de espacio suficiente para el normal desenvolvimiento del trabajo, se recomienda una superficie igual o superior a 5 metros cúbicos por persona.
- Las áreas de circulación libre deben ser de un metro de ancho o mayores si se requiere por razones de seguridad.
- Los techos de los laboratorios y lugares de almacenamiento, tienen que ser preferiblemente de tres metros de altura con materiales de alta resistencia mecánica, incombustibles con preferencia de concreto con el objeto de evitar la acumulación de polvo.
- Los primeros diez centímetros de la pared contados desde el piso deben ser impermeables, inclusive en las puertas, para evitar que se impregnen líquidos derramados en accidente.
- El suelo deberá tener una pendiente ligera hacia un desagüe seguro y estos deben tener sifón con trampa de agua, así en caso de derrame fácilmente se puede lavar los pisos.
- Se tiene que contar con un saco de 25 Kg. de vermiculita en caso de derrame este se coloca sobre el liquido para que sea absorbido, luego se dispone en bolsas plásticas o bidones de polietileno.

- Se debe de contar con dos vitrinas de extracción de gases y una campana extractora localizada.
- Las instalaciones eléctricas tiene que tener conexión equipotencial a tierra.

5.3. PROPUESTA DE TIPOS DE ESTANTES PARA EL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.

Los equipos que se utilicen para esta actividad deben cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Los estanterías para almacenar las sustancias químicas tienen que ser de metal y para evitar algún incendio de las sustancias inflamables o explosivas deben tener conexión equipotencial a tierra.
- 2) Los estantes deben tener una ligera hendidura hacia el centro con el objeto de que en caso de derrames fluyan hacia esta área, la cual deberá poseer un drenaje para recoger en una cubeta o bandeja dispuesta debajo de la estantería el derrame, independiente del nivel del cual provenga.
- 3) Las uniones de los estantes deben ser sellados y deben ser recubiertos de pintura resistente a la corrosión.
- 4) Las patas de los estantes deben permitir la regulación de altura para poder nivelarlas.
- 5) Los estantes deben poseer o posibilitar la ubicación de bandas de seguridad que eviten la caída de los elementos almacenados.



Figura 5.1 Tipos de estantes propuestos para almacenar sustancias químicas y desechos químicos peligrosos.

5.4. PROPUESTA DE ALMACENAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS Y DESECHOS PELIGROSOS.

Se sugiere que el almacenamiento de las sustancias químicas se haga en los estantes mencionados en el literal anterior de este capítulo, debidamente clasificados por su grado de toxicidad, peligrosidad, además colocándoles en su envase su respectiva viñeta de identificación ampliamente explicada en el capítulo cuatro, en la figura 5.2 se expone la viñeta propuesta para dicha identificación.

Icono de la Universidad de El Salvador

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIOS DE INGENIERIA QUIMICA

Nombre de la institución a la que pertenece esta sustancia.

Área datos de la sustancia

Nombre: _____
Formula: _____
Peso Formula: _____ Concentración: _____
Código: _____ Ubicación: _____

Área código NFPA

Área código JT Baker

Figura 5.2: Viñeta propuesta para la codificación y posterior ordenamiento de las sustancias químicas.

Con respecto al almacenamiento de los desechos peligrosos en estado sólido y líquidos que están acumulados en las gavetas bajo las mesas del área de prácticas de laboratorio y los nuevos producidos en futuras prácticas debe de hacerse de la siguiente manera:

- Desechos en estado sólidos: Colocar el envase dentro de una bolsa y luego dentro de un bidón con capacidad de 60 litros, rellenar el fondo del bidón con vermiculita o durapax, alternar capas de envases (vidrio o

plástico) con capas de vermiculita o durapax ya que estos absorberán algún derrame.

- Desechos en estado líquido o líquidos con sólidos: la tapa del envase deberá cerrarse con cinta adhesiva, introducir la el envase en una bolsa de plástico sellada. Luego se alternara capas de envases con capas vermiculita y durapax como material absorbente.
- Además se le colocará al bidón la viñeta de la figura 5.3 debidamente completada y luego todos los bidones serán colocados en estantes dentro de un contenedor metálico que será exclusivo para el almacenamiento de los desechos, en el cual estarán por un par de años, ya que según cálculos efectuados en algunas prácticas dentro de este trabajo; se producirá en este tiempo una cantidad considerable de desechos para efectuar su disposición final en un relleno sanitario o en un horno cementero.



TIPO DE DESECHO: DISOLUCIONES ACUOSAS.

NOMBRE DEL DESECHO CONTENIDO: SOLUCIONES ACUOSAS INORGÁNICAS: SULFATOS, FOSFATOS, CLORUROS.

ESTADO FÍSICO: SOLIDO () LIQUIDO () GAS ()

CODIGO CRETIB: CORROSIVO _____

REACTIVO _____

EXPLOSIVO _____

TOXICO _____

INFLAMABLE _____

BIOLOGICO-INFECCIOSOS _____

FECHA DE INICIO DE LLENADO: 10/03/09

FECHA FINAL DE LLENADO: 03/07/09



NOCIVO

Figura 5.3: Viñeta propuesta para la identificación de los desechos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio.

El contenedor metálico se utilizará para almacenar a corto o largo plazo, las sustancias que hayan sido sintetizadas o elaboradas durante las diferentes prácticas educativas y trabajos de graduación.

Una vez en el almacén temporal, no podrán almacenarse en la misma estantería productos que presenten posibles reacciones peligrosas. Los líquidos combustibles no se almacenarán conjuntamente con productos comburentes ni con sustancias tóxicas o muy tóxicas que no sean combustibles, debiendo estar lo más alejadas posible entre sí en el almacén.

Este contenedor metálico de acero inoxidable puede ser colocado en la zona verde que está detrás del área de práctica de laboratorio.



Figura 5.4: Contenedor para el almacenamiento de desechos de laboratorios.

5.5. PROPUESTA DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.

Gafas.

Las gafas que proponemos son las de tipo integral de policarbonato, la protección adicional está incluida en la misma montura. Pueden ser utilizadas conjuntamente con gafas graduadas.



Figura 5.5: Gafas Protectoras.

Protección de las vías respiratorias

Se recomienda mascarilla 3M autofiltrante (FFP1S), con carbón activo diseñada para eliminar las molestias ocasionadas por los niveles bajos de gases y vapores presentes en algunas operaciones junto a contaminantes en formas de partículas. Previenen la irritación son cómodas, ligeras y buenas para la protección contra polvos y aerosoles.



Figura 5.6: Mascarillas con carbón activado.

En prácticas en las que se producen cantidades elevadas de vapores y gases, es conveniente una mascarilla con dos filtros de carbón activado en forma de pastillas ya que son muy eficientes purificando el aire.



Figura 5.7: Mascarilla con dos filtros de carbón activado.

Guantes.

Como lo detallamos en el capítulo 4 no existe un tipo de guante que pueda contrarrestar los peligros de todas las sustancias químicas, por lo tanto proponemos que los guantes sean utilizados según la tabla 4.12, pero los guantes de látex y de pvc son los más adecuados para ser utilizados en las prácticas de laboratorio tanto de Química Inorgánica y Química Analítica.

5.6. PROPUESTA DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.

Vitrina extractoras de gases.

De acuerdo al número de estudiantes que hacen uso de las instalaciones del laboratorio, se recomienda instalar dos vitrinas de extracción de gases nuevas con todos sus implementos de seguridad, conexiones internas eléctricas, de gas propano para usar el mechero bunsen, agua potable y lámpara para una mejor visibilidad, realizar mantenimientos preventivos para evitar su deterioro. El material del cual debe estar hecha es de acero galvanizado o aluminio flexible debidamente protegida con un recubrimiento adecuado.



Figura 5.8: Vitrina extractora de gases.

Campanas localizadas (extractores)

En las instalaciones del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química no existe este tipo de equipo, es muy conveniente que se coloque uno para mayor

seguridad en los experimentos que producen vapores nocivos a la salud, previamente tomando las medidas en el uso de mascarillas, gafas y guantes apropiados, la construcción e instalación de estos aparatos son mucho más baratos que las vitrinas de extracción de gases, ocupan menor espacio ya que solo está compuesto por un motor eléctrico que succiona los gases y vapores con una armazón de tubos de pvc para poder resistir la corrosión.



Figura 5.9: Campanas extractoras localizadas.

Lavaojos

En las instalaciones del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química no existe este tipo de equipo, es muy conveniente que se coloque uno ya que es un sistema que permite la descontaminación rápida y eficaz de los ojos, que está constituido básicamente por dos rociadores o boquillas capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara, una pileta provista del correspondiente desagüe, de un sistema de fijación al suelo o a la pared, es accionado por un pedal.

El chorro proporcionado por las boquillas debe ser de baja presión para no provocar daño o dolor innecesario, se necesita 1 metro cubico para su instalación.



Figura 5.10: Lavaojos.

Duchas de seguridad

Proponemos que se instale esta ducha de seguridad; ya que es muy conveniente en casos de emergencia en los cuales se derrame algún reactivo sobre el cuerpo de alguna persona dentro de las instalaciones, esta ducha puede venir combinada con el lavaojos como se puede apreciar en la figura 5.11, así se ahorra espacio ya que en un metro cubico pueden ser instalados ambos equipos, sería conveniente instalarlo en el área de equipos e instrumentos exactamente a un lado del lavamanos, ya que cerca se encuentra un tragante para poder drenar agua hacia el.



Figura 5.11: Ducha de seguridad con lavaojos.

Extintores y mangueras contra incendios.

Es conveniente instalar dos extintores, uno en el área de prácticas de laboratorio y una en el área de equipo e instrumentos, La carga de los extintores debe de ser de CO₂, no necesitan mayor espacio para su instalación, es muy conveniente que se capaciten a los usuarios del laboratorio en la manipulación de estos, además la instalación de una manguera contra incendios es de vital importancia dentro del laboratorio ya que son de fácil manipulación para extinguir incendios.



Figura 5.12: Extintores y mangueras contra incendio.

5.7. PROPUESTA DE LA GESTIÓN DE SEGURIDAD.

Con respecto a las mejores prácticas correctivas ante una emergencia, se propone el uso y divulgación del manual de Primeros auxilios (Ver Anexo 4.13.2 TESIS de la tesis “DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN EN LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR BASADO EN LAS BUENAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN EMPRESARIAL Y SISTEMA 5S) y con respecto a la Prevención y corrección de incendios se propone el uso y divulgación del manual contra incendios (Ver Anexo 4.13.1) de la tesis citada con anterioridad.

PROPUESTA SOBRE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

Es necesario que se señalicen todas las áreas del laboratorio para indicar los riesgos existentes, colocar afiches en los cuales se explique el uso de los equipos tales como el lavajos, ducha de emergencia, el extintor, etc., proveer de la mayor cantidad de información preventiva así como también de los conocimientos adecuados para evitar acciones inseguras y mejorar las condiciones de trabajo.

MAPAS DE RIESGO.

El mapa de riesgo tiene que colocarse en una pared en donde sea visible, es muy importante que los usuarios de las instalaciones sepan leer el mapa así de esta manera evitar los riesgos potenciales, se recomienda que se elabore un manual donde se contenga las definiciones específicas de cada riesgo encontrado en la inspección general del laboratorio.

5.8. GESTIÓN PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LAS ASIGNATURAS DE QUÍMICA ANALÍTICA Y QUÍMICA INORGÁNICA.

Las prácticas de laboratorio realizadas para la determinación de residuos y desechos peligrosos para química analítica fueron las siguientes:

- ✚ APLICACIÓN DE TITULACIONES POR PRECIPITACIÓN. DETERMINACIÓN DE CLORUROS: MÉTODO DE MOHR.
- ✚ DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN LECHE: MÉTODO DE VOLHARD.
- ✚ TITULACIONES CON FORMACIÓN DE COMPLEJOS. DETERMINACIÓN DE DUREZA EN AGUA.
- ✚ APLICACIÓN DE MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS, ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO DE SULFATOS.

5.8.1. APLICACIÓN DE TITULACIONES DE PRECIPITACIÓN. DETERMINACIÓN DE CLORUROS. MÉTODO DE MOHR.

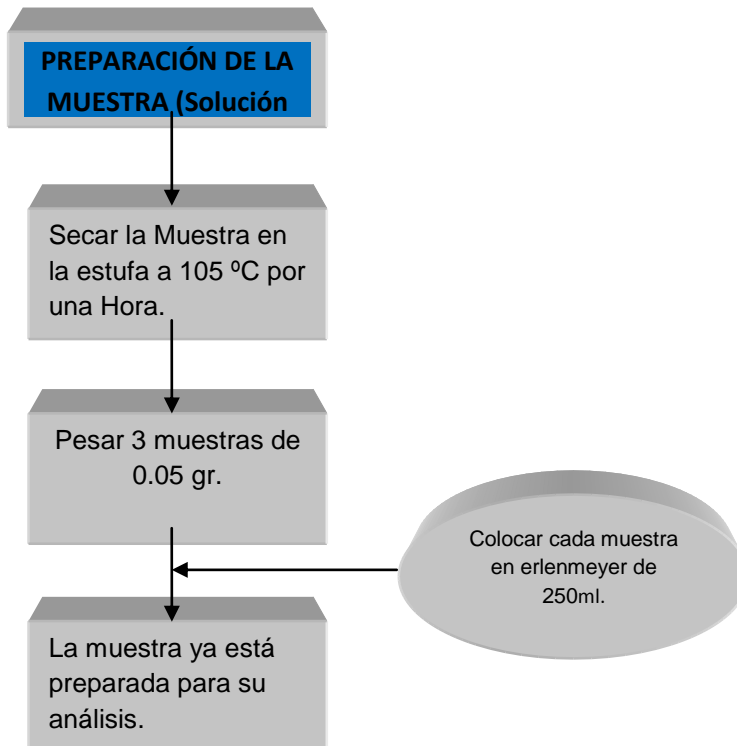
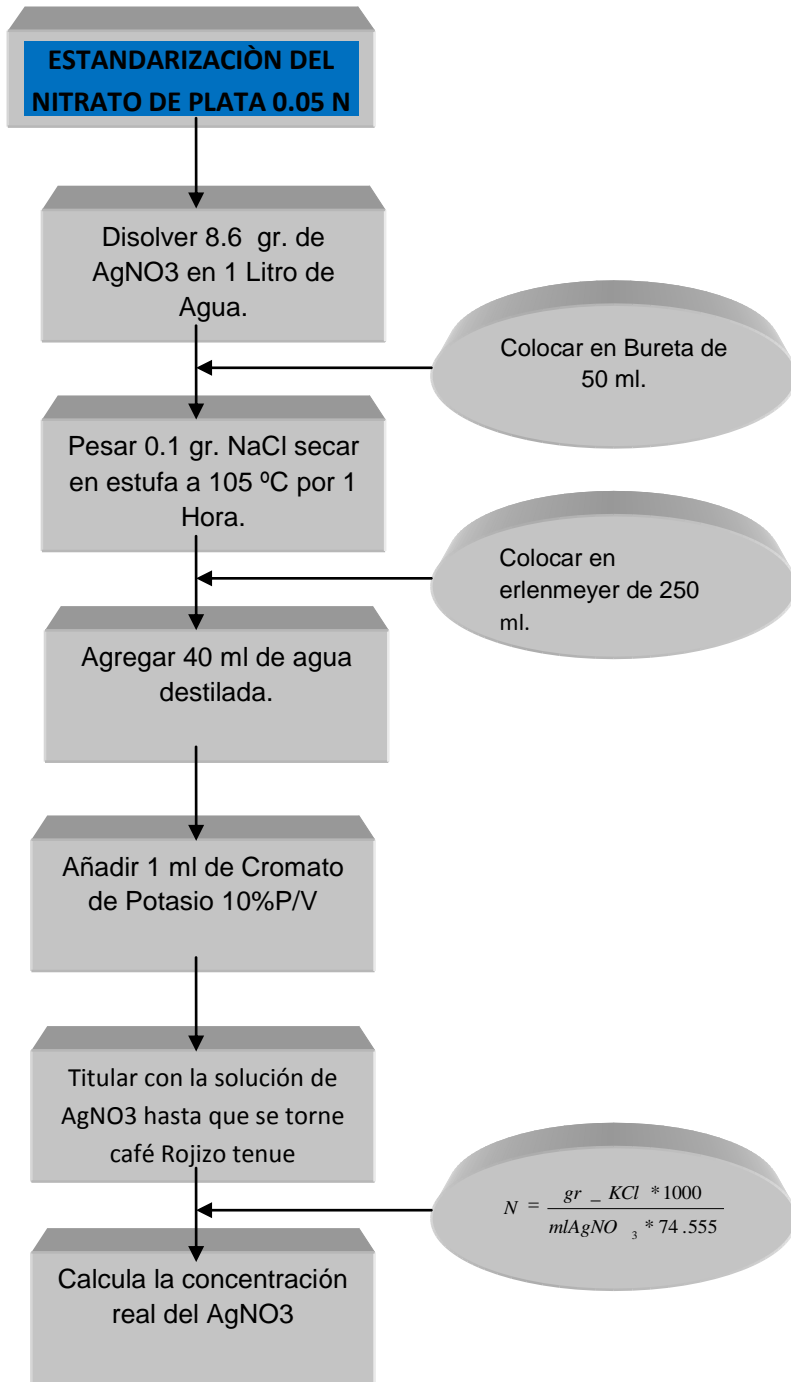


Figura 5.13: Preparación de la muestra.

Procedimiento Actual



Procedimiento Propuesto

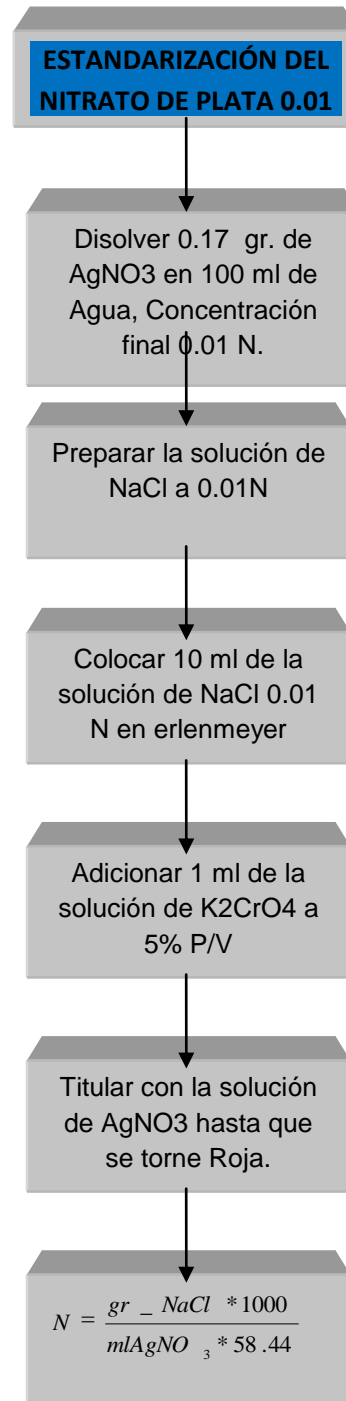
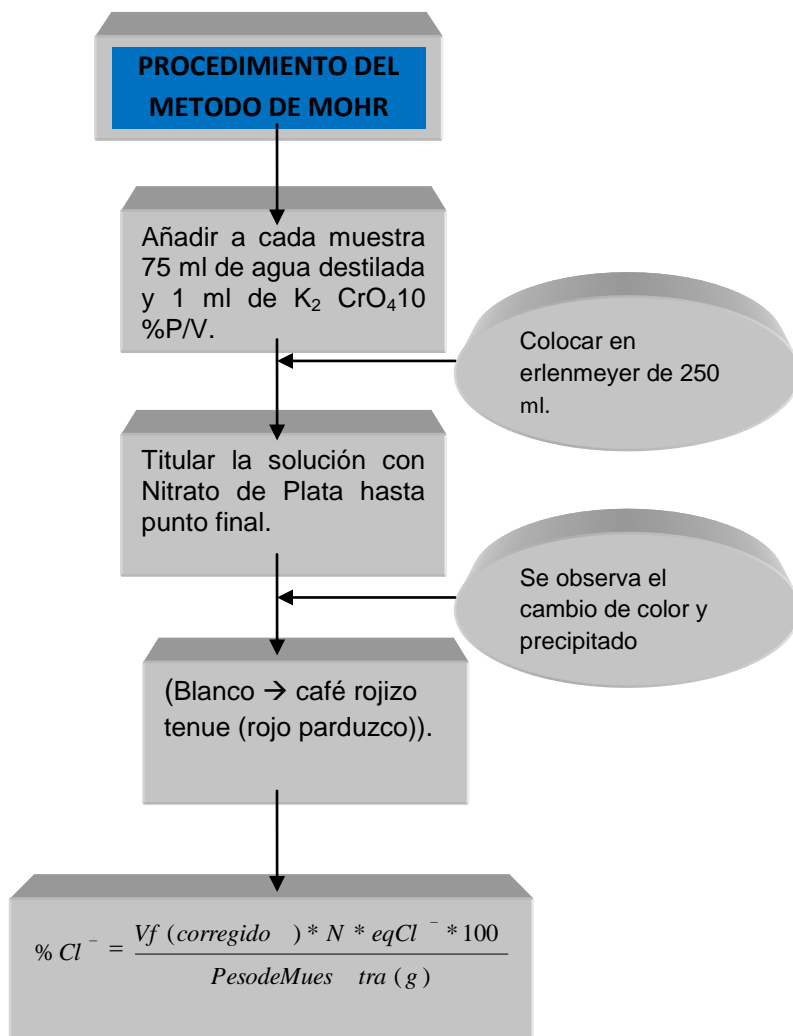


Figura 5.14: Estandarización del Nitrato de Plata, Izquierda práctica actual, Derecha práctica Propuesta.

Procedimiento Actual



Procedimiento Propuesto

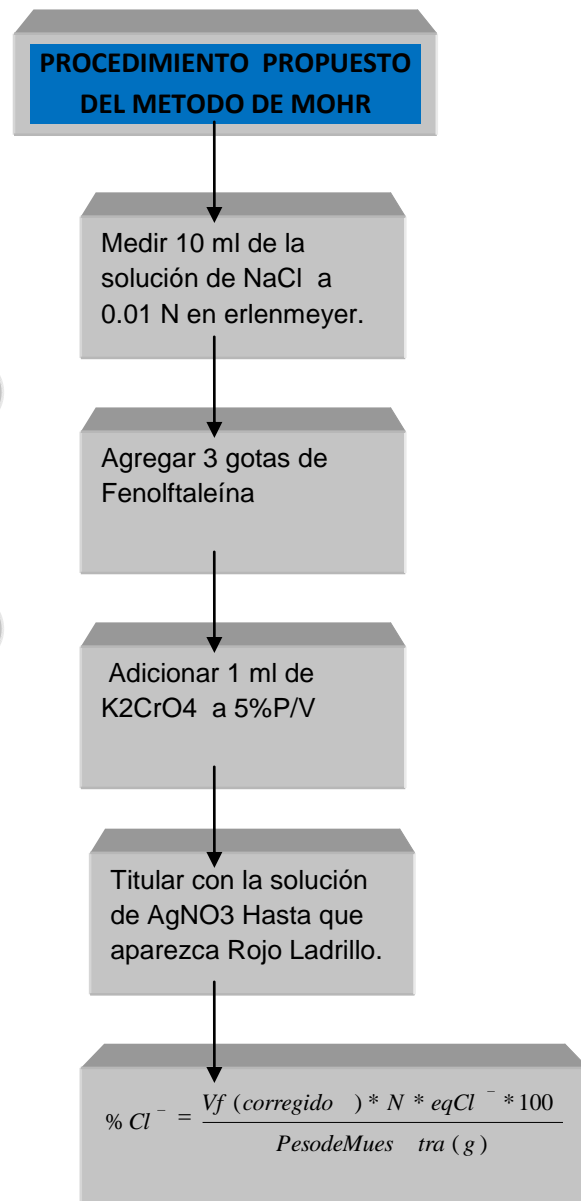


Figura 5.15: Procedimiento del Método de Mohr, izquierda práctica actual, derecha práctica propuesta.

PROPUESTA DE PRÁCTICA DE MOHR.

MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS.

MATERIALES:

Tabla 5.1: Materiales y equipo a utilizar en la práctica Propuesta de Mohr.

MATERIALES	EQUIPO
1 pipeta de 1mL	1 Balanza analítica
1 pipeta aforada de 10 ml	1 Soporte universal
1 pipeta aforada de 15mL	pH metro
1 bureta de 50 ml	
2 erlenmeyer de 250 mL	
1 probeta de 50 mL	
1 agitador de vidrio	
1frasco lavador	
Papel filtro Whatman 541	

REACTIVOS:

Tabla 5.2: Reactivos utilizados en práctica Propuesta.

REACTIVOS	REACTIVOS
Cloruro de Sodio.	K ₂ CrO ₄ 4 al 5 % (p/v)
Solución de AgNO ₃ 0.01 N(Estándar)	Acido Nítrico.
Nitrato férrico al 60% (p/v)	Fenolftaleína

RESIDUOS Y DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA

Caracterización de productos.

De acuerdo a la práctica:

Productos:

- La reacción del cloruro de sodio con el nitrato de plata.

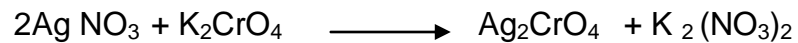


Donde:

Cloruro de Plata (AgCl)

Nitrato de Sodio (NaNO_3)

- La reacción del nitrato de plata con el Cromato de Potasio.



Donde:

Cromato de Plata (Ag_2CrO_4), Nitrato de potasio (K NO_3).

Reacciones Químicas

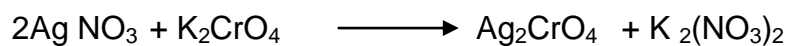
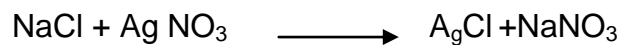


Tabla 5.3: Comparación de cantidades de reactivos entre práctica actual y práctica propuesta.

SUSTANCIA	CANTIDAD UTILIZADA PRACTICA ACTUAL	CANTIDAD UTILIZADA PRACTICA PROPUESTA	% DE REDUCCIÓN
Cloruro de Sodio para la solución muestra.	0.05 gr.	0.04 gr.	20%
Nitrato de plata para la solución	8.6 gr.	0.17 gr.	98%
Solución de Nitrato de plata 0.05 N utilizada para titular	19 ml.	-	0
Solución de Nitrato de plata 0.075 N utilizada para titular	-	10 ml.	0
Cromato de Potasio para preparar solución	10 gr.	5 gr.	50%
Solución indicadora Cromato de Potasio 10 %P/V	2 ml.	-	0
Solución indicadora Cromato de Potasio 0.5 %P/V	-	2 ml.	0
Agua para disolución	1500 ml.	900 ml.	40%
VOLUMEN TOTAL DE DESECHO GENERADO	1528 ml	912 ml	40.3%

Los cálculos de la práctica pueden consultarse en el Anexo 3.

PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN, MANEJO, ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL, MÉTODO DE MOHR.

1) Reducción de Reactivos:

Dentro de la práctica propuesta se ha realizado la reducción de las cantidades y concentraciones de los reactivos a utilizar, ya que se pudo comprobar experimentalmente que con las cantidades y concentraciones recomendadas se obtienen los mismos resultados que los presentados en la práctica actual contenida en la guía de laboratorio de Química Analítica.

Al finalizar la práctica tenemos como desechos: Se genera una solución básica con $\text{pH}=8$, con formación de NO_3^- , Ag^+ , CrO_4 , Na^+ y AgCl , Ag_2CrO_4 . De acuerdo a la clasificación de los desechos del cap.3 pagina 80 el desecho está dentro del grupo III de disoluciones acuosas.

2) Almacenamiento.

El almacenamiento de la solución debe realizarse en un bidón de polietileno debido a que tenemos una disolución acuosa que contiene sales de metales pesados tales como el Cromato de plata y compuestos inorgánicos, el volumen del bidón será de 10 litros. Luego el bidón se etiqueta para identificar fácilmente el desecho, y debe colocarse la etiqueta con el color respectivo de acuerdo al grupo al que pertenece el desecho peligroso tal como se detallo en el capítulo 4.

3) Tratamiento de Desechos generados en práctica de Mohr:

La solución después de su titulación involucra una serie de productos los cuales es necesario brindarles un tratamiento previo para su disposición final, así: La solución se filtra con papel Whatman 541 para retener el Cromato de plata y el cloruro de plata los cuales se encuentran en estado sólido.

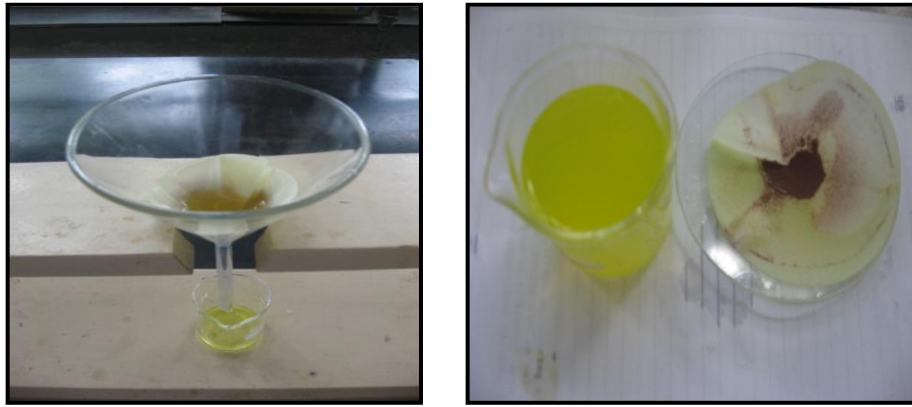


Figura 5.16: Filtración de la solución, para separar el cloruro de plata y el Cromato de plata.

Luego se pone a evaporar en la cámara de extracción para eliminar el exceso de líquido y obtener ambos sólidos, Posteriormente tanto el cloruro de plata como el Cromato de plata se guardan en un recipiente por contener metales pesados, además al tener una cantidad considerable de estos dos sólidos se puede hacer una recuperación de la plata que contienen, en el ANEXO 4, se encuentran métodos para recuperar dicha plata.



Figura 5.17: Los precipitados de Cromato de plata y Cloruro de plata se colocan en una bolsa ziploc y luego en un recipiente de polietileno de alta densidad.

4) Disposición final:

La solución generada no puede ser vertida al alcantarillado ya que contiene sales de metales pesados tales como el Cromato de plata y el cloruro de plata, y de acuerdo a la Norma para regular la Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial

descargadas al alcantarillado, no se acepta la dilución con aguas ajenas al proceso del establecimiento emisor como procedimiento de tratamiento de los efluentes líquidos, para lograr una reducción de cargas contaminantes , por lo que se debe basar en la ley del medio ambiente la cual detalla en su Decreto No.41, Art 23 Reglamento Especial en Materia de Residuos y Desechos Peligrosos, las categorías de desechos peligrosos de las corrientes de desecho y de acuerdo a la solución generada nos encontramos en la categoría Y35 (Soluciones básicas o bases en forma sólida).

La disposición final debe realizarse con cualquier empresa ajena a la institución universitaria que sea destinada a este fin, es muy factible para este caso la incineración o el coprocesamiento en hornos cementeros ó también puede implementarse los procesos de estabilización/solidificación utilizados para el tratamiento de desechos peligrosos. Esta técnica es recomendable para el manejo de desechos peligrosos, es un término normalmente utilizado para designar una tecnología que emplea aditivos para reducir la movilidad de los contaminantes, haciendo así al residuo aceptable a los requerimientos de disposición en el suelo.

5.8.2. "DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN LECHE. MÉTODO DE VOLHARD. MÉTODO INDIRECTO O POR RETROCESO"

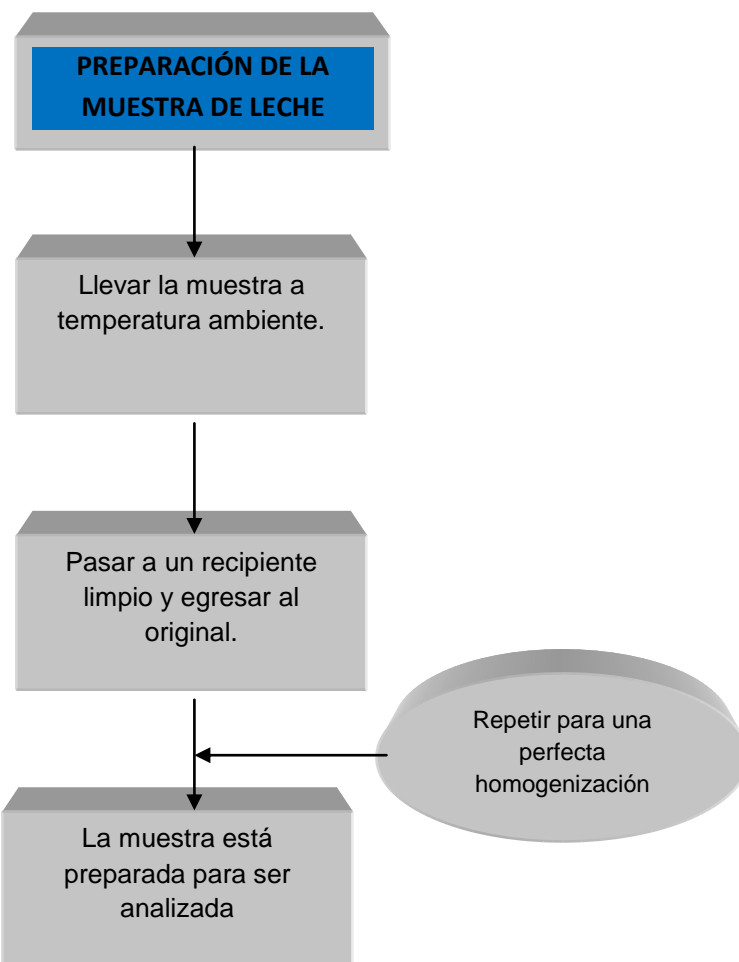


Figura 5.18: Preparación de la muestra.

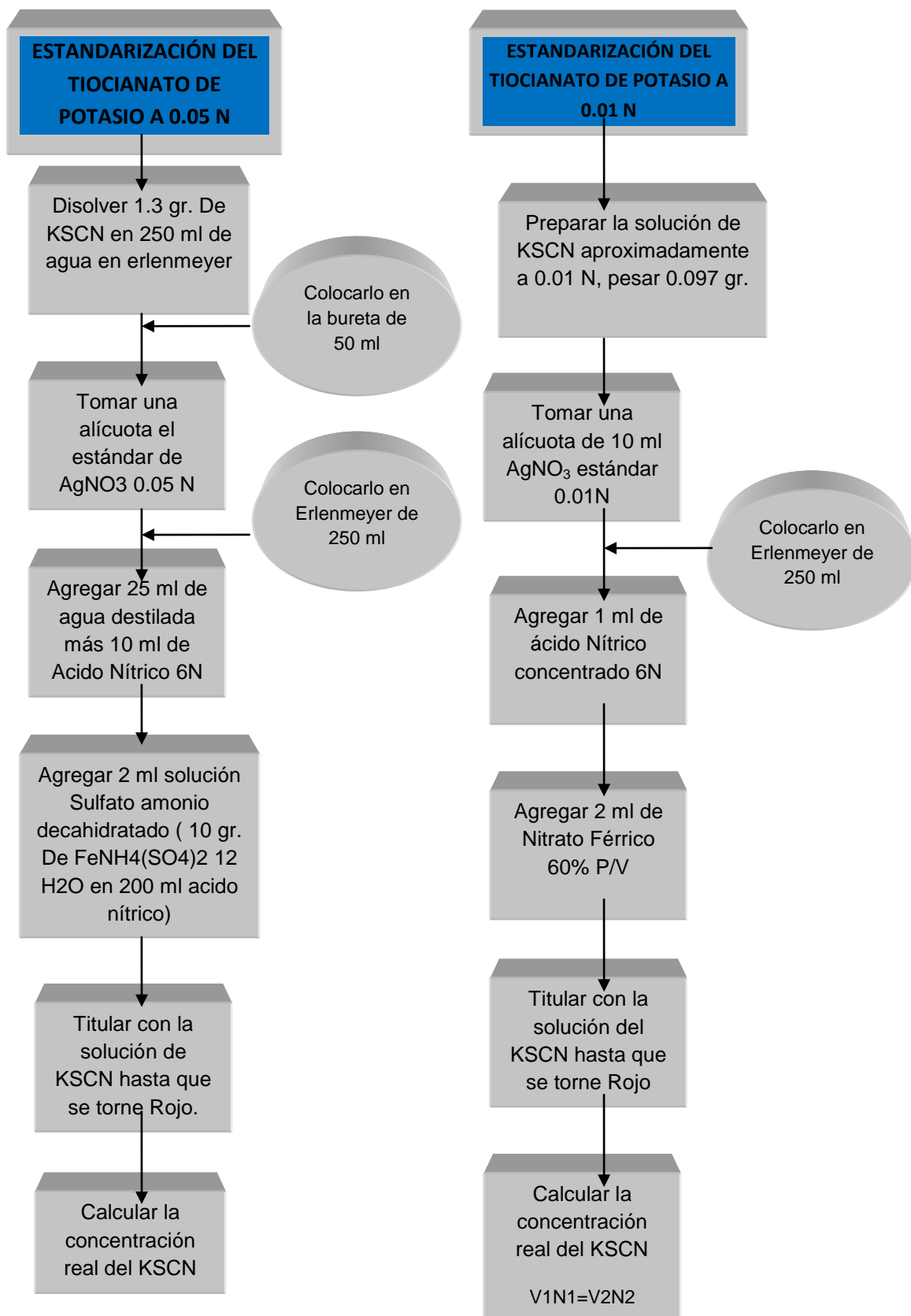


Figura 5.19: Estandarización del Tiocianato de Plata, izquierda práctica actual, derecha práctica propuesta.

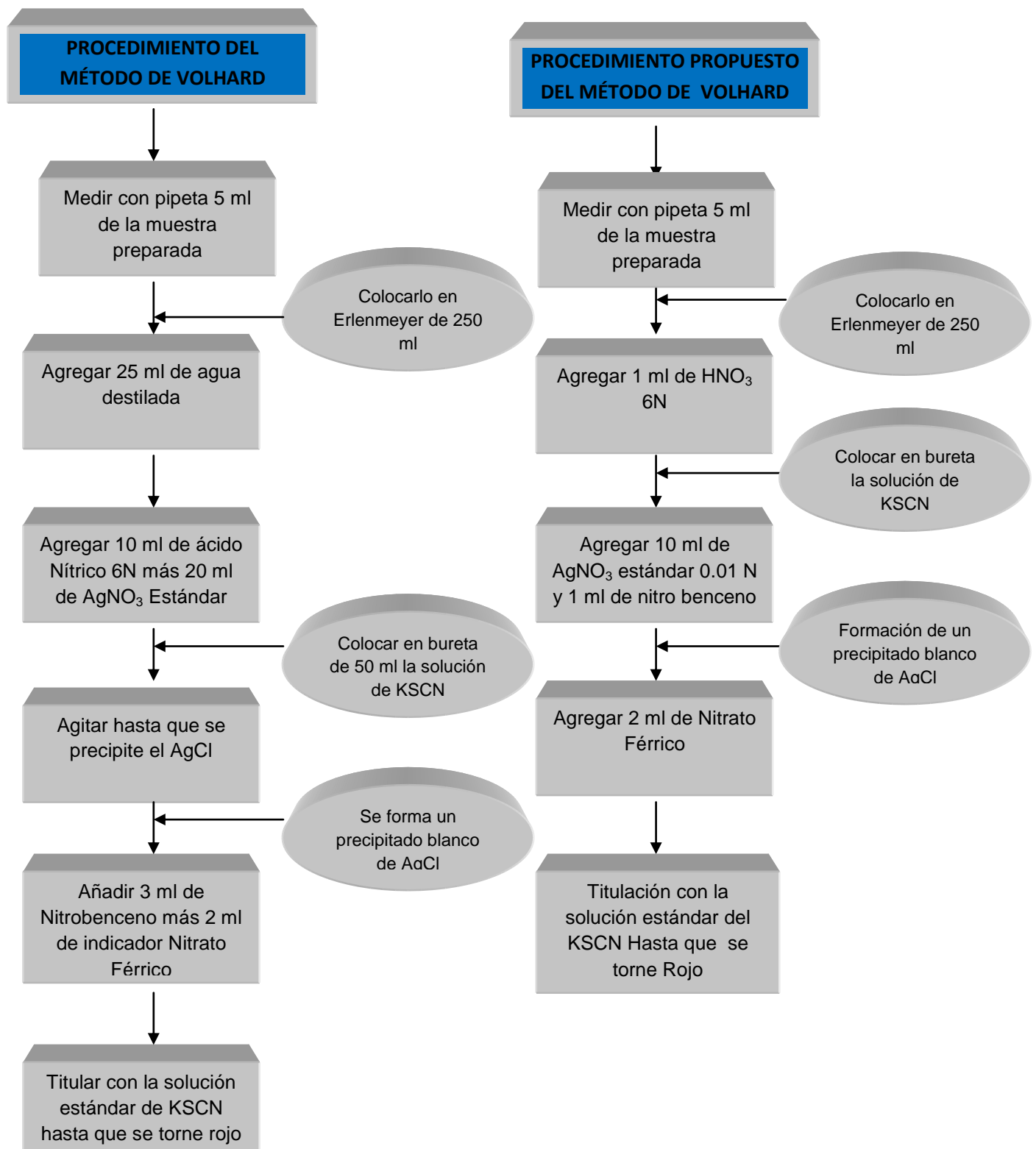


Figura 5.20: Procedimiento método de Volhard, izquierda práctica actual, derecha práctica propuesta.

PROPUESTA DE PRÁCTICA DE VOLHARD

MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS.

MATERIALES:

Tabla 5.4: Materiales y equipo a utilizar en la práctica propuesta.

MATERIALES	EQUIPO
1 pipeta de 1mL	1 Balanza analítica
1 pipeta aforada de 10 MI	1 Soporte universal
1 pipeta aforada de 15mL	pH metro
1 bureta de 25 MI	
2 erlenmeyer de 250 mL	
1 probeta de 50 mL	
1 agitador de vidrio	
1frasco lavador	
Papel filtro Whatman 541	

REACTIVOS:

Tabla 5.5: Reactivos utilizados en práctica propuesta.

REACTIVOS	REACTIVOS
Muestra de leche.	K_2CrO_4 4 al 5 % (p/v)
Solución de $AgNO_3$ 0.01 N(Estándar)	Solución de Tiocianato de potasio 0.01N
Nitrato férrico al 60% (p/v)	Acido Nítrico.

RESIDUOS Y DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA.

Caracterización de desechos.

De acuerdo a la práctica:

- La reacción del cloruro de sodio que contiene la leche de vaca con el nitrato de plata.



Donde:

Cloruro de Plata (AgCl).

Nitrato de Sodio (NaNO_3)

- La reacción del nitrato de plata con el tiocianato de potasio.

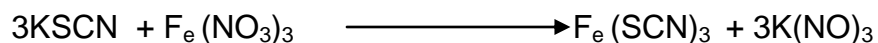


Donde:

Tiocianato de plata (AgKSCN)

Nitrato de potasio (KNO_3)

- Reacción del tiocianato de potasio que no reacción con el indicador de hierro III



Donde:

Tiocianato de hierro $\text{F}_e(\text{SCN})_3$

Reacciones Químicas

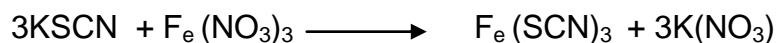
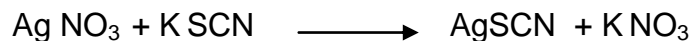


Tabla 5.6: Comparación de cantidades de reactivos entre práctica actual y práctica propuesta.

SUSTANCIAS	CANTIDAD UTILIZADA PRACTICA ACTUAL	CANTIDAD UTILIZADA PRACTICA PROPUESTA	% DE REDUCCIÓN
Leche de vaca	25 ml.	5 ml.	80%
Nitrato de plata 0.05N	20 ml.	-	0
Nitrato de plata 0.075N	-	10 ml	0
Tiocianato de potasio para la solución	1.3 gr.	0.0971 gr.	93%
Tiocianato de potasio a 0.05N utilizada para estandarizar	22 ml	-	0
Tiocianato de potasio a 0.015N utilizada para titular	-	6.6 ml	0
Tiocianato de potasio a 0.05N utilizada para titular	0.5 ml	-	
Tiocianato de potasio a 0.015N utilizada para titular	-	0.2 ml	
Nitrobenceno	3 ml.	1 ml.	
Acido nítrico utilizado en la Práctica.	5 ml.	1 ml.	
Agua para disolución	500 ml.	200 ml.	60%
VOLUMEN TOTAL DE DESECHO GENERADO	575.5 ml	223 ml	61.2%

Los cálculos de la práctica pueden consultarse en el Anexo 5.

PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN, MANEJO, ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL, MÉTODO DE VOLHARD.

1) Reducción de Reactivos:

Dentro de la práctica propuesta se ha realizado la reducción de las cantidades y concentraciones de los reactivos a utilizar, ya que se pudo comprobar experimentalmente que con las cantidades y concentraciones recomendadas se obtienen los mismos resultados que los presentados en la práctica actual contenida en la guía de laboratorio de Química Analítica.

Al finalizar la práctica tenemos como residuos: Se genera una solución ácida con $\text{Ph}=2$, con formación de NO_3^- , Ag^+ , SCN^- , AgSCN y AgCl . De acuerdo a la clasificación de los desechos del cap.3 pagina 80 nuestro desecho esta dentro del grupo III de disoluciones acuosas, que contienen metales pesados como por ejemplo la plata.

2) Almacenamiento

El almacenamiento de la solución debe realizarse en un bidón de polietileno debido a que tenemos una disolución acuosa que contiene sales de metales pesados tales como el Tiocianato de plata y compuestos inorgánicos, el volumen del bidón será de 10 litros. Luego el bidón se etiqueta para identificar fácilmente el desecho, y debe colocarse la etiqueta con el color respectivo de acuerdo al grupo al que pertenece el desecho peligroso tal como se detallo en el capítulo 4.

3) Propuesta de Disposición de Desechos:

La solución después de su titulación involucra una serie de productos los cuales es necesario brindarles un tratamiento previo para su disposición final, así:

La solución se filtro con papel Whatman 541 para retener el tiocianato de plata y el cloruro de plata el cual se encuentra enmascarado por el nitrobenceno.

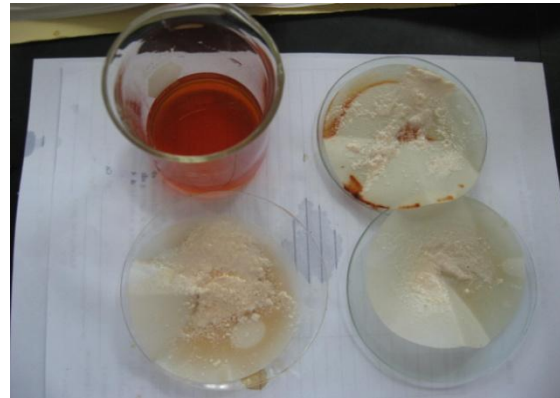
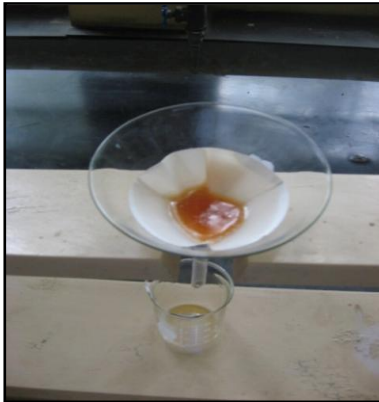


Figura 5.21: Filtrado de la solución para separar el tiocianato de plata y el cloruro de plata del nitrobenzeno.

4) Disposición final.

Luego se pone a evaporar en la cámara para eliminar el nitrobenzeno y obtener tanto el cloruro de plata como el tiocianato de plata, luego se guardan en un recipiente por contener metales pesados, se puede hacer una recuperación de la plata que contienen, en el ANEXO 4, se encuentran métodos para recuperar dicha plata.



Figura 5.22: Precipitados de Tiocianato de plata y Cloruro de plata.

La solución generada no puede ser vertida a la red pública del alcantarillado ya que hay presente sales de metales pesados tales como el Tiocianato de plata y el

cloruro de plata, por lo que se debe basar en la ley del medio ambiente la cual detalla en su Decreto No.41, Art 23 Reglamento Especial en Materia de Residuos y Desechos Peligrosos, las categorías de desechos peligrosos de las corrientes de desecho y de acuerdo a la solución generada nos encontramos en la categoría Y34 (Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida).

La disposición final debe realizarse con cualquier empresa ajena a la institución universitaria que sea destinada a este fin, es muy factible para este caso la incineración o el coprocesamiento en hornos cementeros ó también puede implementarse los procesos de estabilización/solidificación utilizados para el tratamiento de desechos peligrosos. Esta técnica es recomendable para el manejo de desechos peligrosos, es un término normalmente utilizado para designar una tecnología que emplea aditivos para reducir la movilidad de los contaminantes, haciendo así al residuo aceptable a los requerimientos de disposición en el suelo

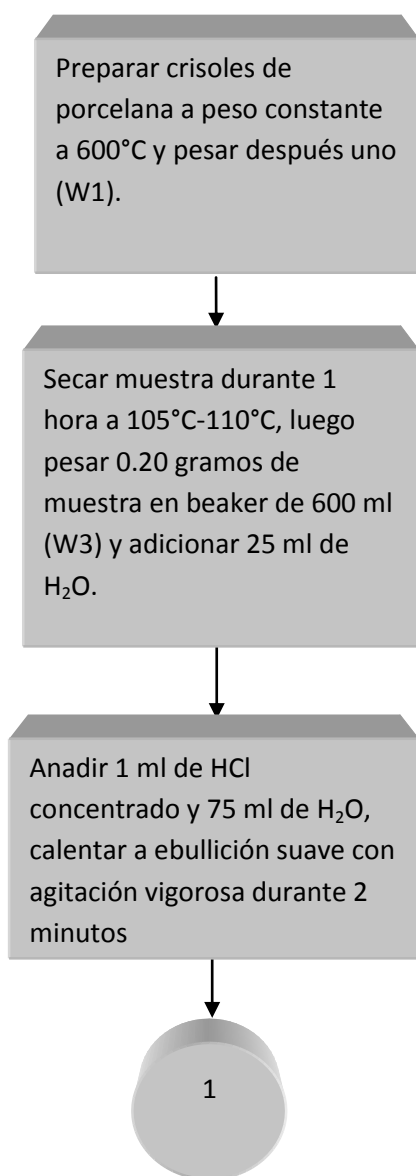
5.8.3. APLICACIÓN DE MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS, ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO DE SULFATOS.

El desarrollo de esta práctica contempla como principales objetivos de gestión:

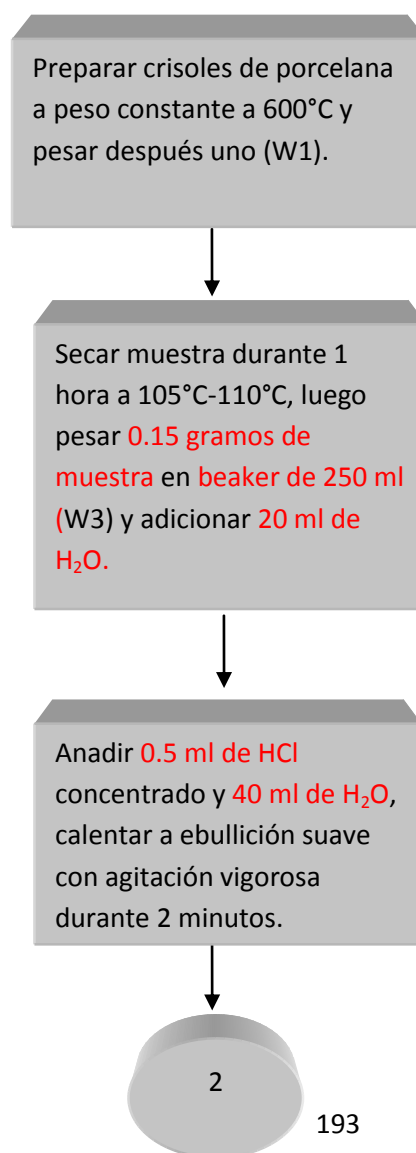
- ✚ Disminución de la cantidad de reactivos ocupados para la realización de la misma.
- ✚ Y utilización de las diferentes técnicas de manejo, almacenamiento, tratamiento y disposición final.

Muestra en análisis: Sulfato de Amonio $(NH_4)_2SO_4$.

Procedimiento actual.



Procedimiento propuesto.



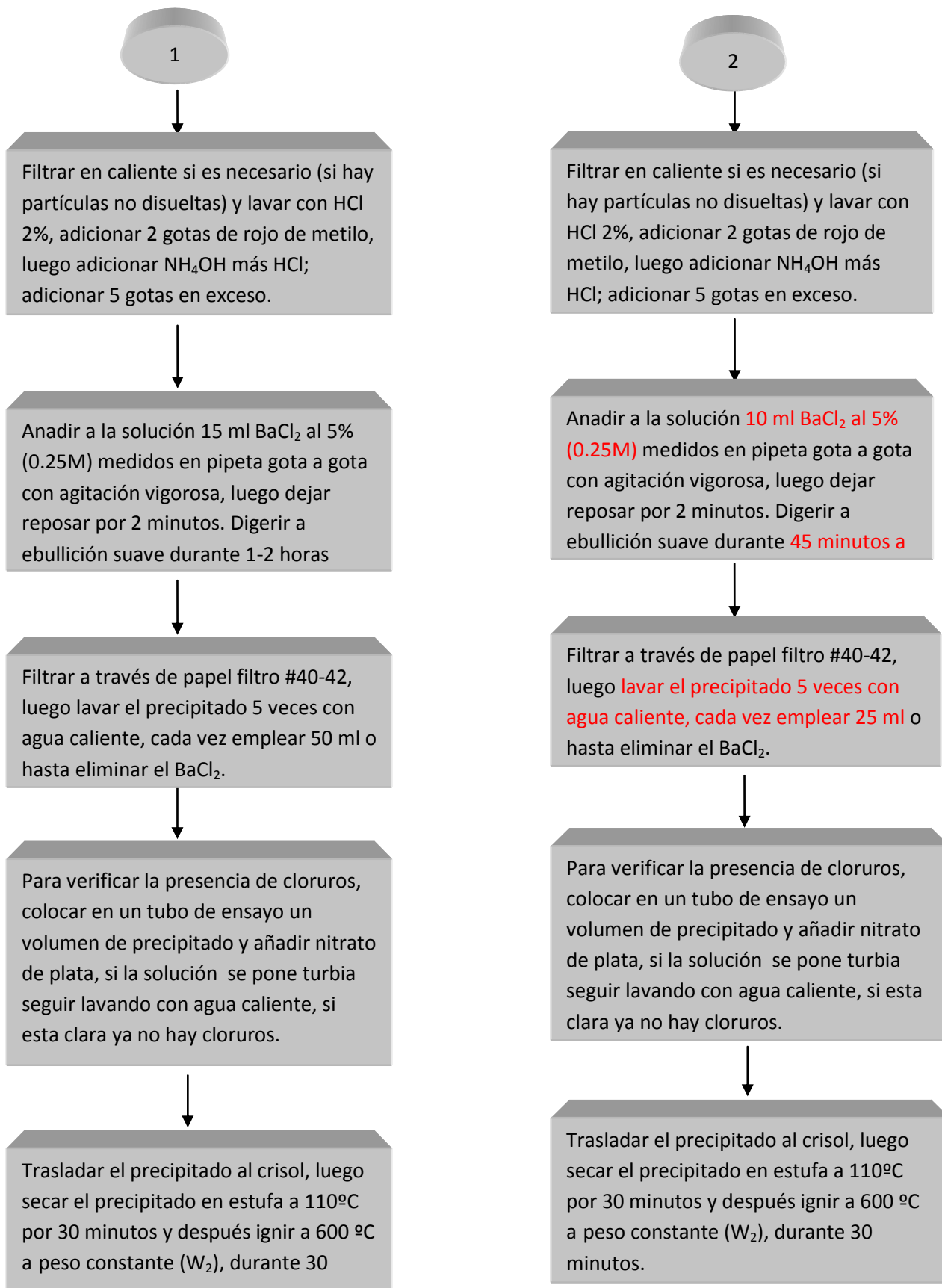


Figura 5.23: Flujograma practica actual y practica propuesta.

RESIDUOS Y DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA.

De acuerdo a la práctica:

Se genera una solución acuosa acida con pH de 5, con iones NH_4^+ , NO_3^- , Cl^- , además de la obtención del precipitado que es Sulfato de Bario. El Sulfato de Amonio se analiza precipitando BaSO_4 , utilizando como precipitante BaCl_2 . La precipitación se lleva a cabo en una disolución acida (acidificada con HCl hasta un pH de 4.5-5) para evitar la posible precipitación de BaCO_3 o de $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ y a una temperatura cercana al punto de ebullición. El precipitado se digiere entre 80-90°C.

Reacción analítica que se genera:



El % de SO_4^{2-} viene dado por:

$$\% \text{SO}_4^{2-} = \frac{(W_2 - W_1) \times \text{FG} \times 100}{W_3}$$

$$\text{FG} = \frac{\text{PM SO}_4^{2-}}{\text{PM BaSO}_4} = 96.016 \text{ g mol}^{-1} / 233.402 \text{ g mol}^{-1} = 0.411376$$

Donde:

W1: peso del crisol vacío.

W3: peso de la muestra en análisis.

W2: peso del crisol más el peso de la muestra ya seca.

Se presenta en la siguiente tabla la cantidad de reactivos que se utiliza normalmente en el desarrollo de dicha práctica y la cantidad reducida que se propone con el fin de minimizar la generación de desechos.

Tabla 5.7. Comparación de cantidades de reactivos entre práctica actual y práctica propuesta.

REACTIVO	CANTIDAD UTILIZADA ACTUALMENTE	CANTIDAD REDUCIDA PROPUESTA	% REDUCCIÓN
HCl concentrado	<i>1 ml</i>	<i>0.5 ml</i>	<i>50%</i>
Agua	<i>350 ml</i>	<i>185 ml</i>	<i>47%</i>
Cloruro de Bario (BaCl₂)	<i>15 ml</i>	<i>10 ml</i>	<i>33%</i>
Sulfato de Amonio (NH₄)₂SO₄	<i>0.20 gramos</i>	<i>0.15 gramos</i>	<i>25%</i>
VOLUMEN TOTAL DE DESECHO GENERADO	<i>366 ml</i>	<i>195.5 ml</i>	<i>46.6%</i>

Cabe destacar que con las cantidades propuestas se logró una reproducibilidad idéntica de la práctica original, teniendo como aspectos más relevantes:

- ✚ La disminución en volumen de la solución que se genera luego de filtrar el precipitado.
- ✚ Disminución de la cantidad de tiempo para lograr digerir por completo la muestra con lo que se agiliza la práctica. (La digestión se realizó en 45 minutos y no en 1 o 2 horas como indica la práctica).



Figura 5.24: Digestión de la muestra.

Puede observarse en la figura la digestión de la muestra en análisis, el tiempo de digestión se redujo considerablemente.

- ✚ La reutilización del Sulfato de Bario obtenido luego del filtrado de la solución, dicho reactivo podría reutilizarse en prácticas de laboratorio de la carrera.



Figura 5.25: Filtrado del sulfato de bario.

En la fotografía puede observarse al momento del filtrado de la solución que contenía el sulfato de bario, el cual puede ser reutilizado en prácticas futuras.

Los cálculos de la práctica pueden consultarse en el Anexo 6.

CLASIFICACIÓN, ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS y DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA.

Al finalizar la práctica tenemos como desechos: *una solución acida de pH 5 con iones NH_4^+ NO_3^- , Cl^- , además de la obtención del precipitado que es Sulfato de Bario.*

De acuerdo a la clasificación de los desechos del cap.3 página 71 el desecho esta dentro del grupo III de disoluciones acuosas.

1) ALMACENAMIENTO.

El **almacenamiento de la solución debe realizarse en un bidón de polietileno debido a que se tiene una disolución acuosa** que contiene metales pesados tales como la plata y compuestos inorgánicos, el volumen del bidón debe ser de acuerdo a la cantidad de desecho que se genere (recomendable en uno de 10 litros). Luego del almacenamiento el bidón debe etiquetarse para identificar fácilmente el desecho, y debe colocarse la etiqueta con el color (para el caso será color azul) respectivo de acuerdo al grupo al que pertenezca el desecho peligroso.

2) TRATAMIENTO.

El tratamiento a realizar:

Filtración del precipitado obtenido en papel filtro Whatman 541: Sulfato de Bario ($BaSO_4$) el cual puede ser reutilizado en prácticas posteriores en el laboratorio y también puede ser ampliamente utilizado en la fabricación de pinturas, tintas de impresión, plásticos, vidrios, esmaltes, etc, y la neutralización de la solución acuosa a un pH de 6-6.5 con $NaOH$ 6N, para disminuir el carácter acido de la solución.

3) DISPOSICIÓN FINAL

La solución generada no puede ser vertida al alcantarillado ya que contiene metales pesados tales como la plata y compuestos inorgánicos y de acuerdo a la *Norma para regular la Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial descargadas al Alcantarillado, no se acepta la dilución con aguas ajenas al proceso del*

establecimiento emisor como procedimiento de tratamiento de los efluentes líquidos, para lograr una reducción de cargas contaminantes , por lo que se debe basar en la ley del medio ambiente la cual detalla en su Decreto No.41, Art 23 Reglamento Especial en Materia de Residuos y Desechos Peligrosos, las categorías de desechos peligrosos de las corrientes de desecho y de acuerdo a la solución generada nos encontramos en la categoría Y34 (Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida).

La disposición final debe realizarse con cualquier empresa ajena a la institución universitaria que sea destinada a este fin, es muy factible para este caso:

- La incineración.
- El coprocesamiento en hornos cementeros.
- Los procesos de estabilización/solidificación utilizados para el tratamiento de desechos peligrosos. Esta técnica es recomendable para el manejo de desechos peligrosos, es un término normalmente utilizado para designar una tecnología que emplea aditivos para reducir la movilidad de los contaminantes, haciendo así al residuo aceptable a los requerimientos de disposición en el suelo.
- Mezclar los desechos con materiales puzolánicos para luego ser colocados en un relleno sanitario.

5.8.4. TITULACIONES CON FORMACIÓN DE COMPLEJOS. DETERMINACIÓN DE DUREZA EN AGUA.

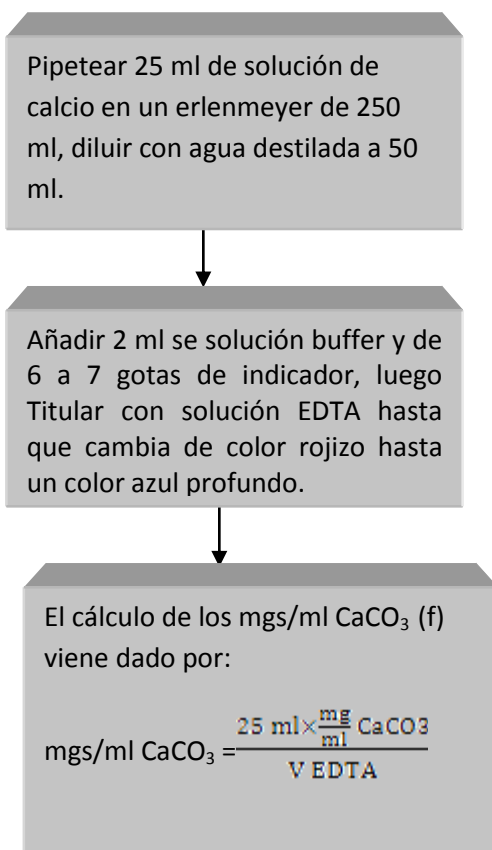
El desarrollo de esta práctica contempla como principales objetivos de gestión:

- ✚ Disminución de la cantidad de reactivos ocupados para la realización de la misma.
- ✚ Y utilización de las diferentes técnicas de manejo, almacenamiento, tratamiento y disposición final respectiva.

ESTANDARIZACIÓN DEL EDTA.

Muestra en análisis: Agua.

Procedimiento Actual



Procedimiento Propuesto

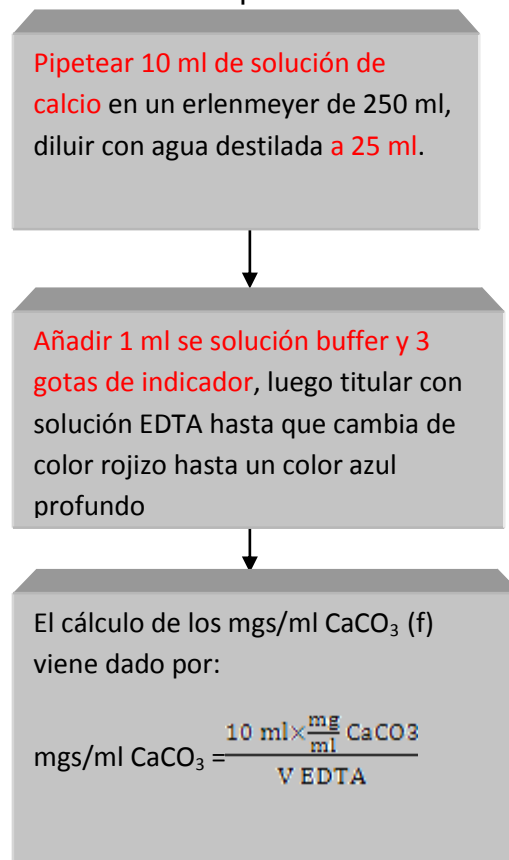
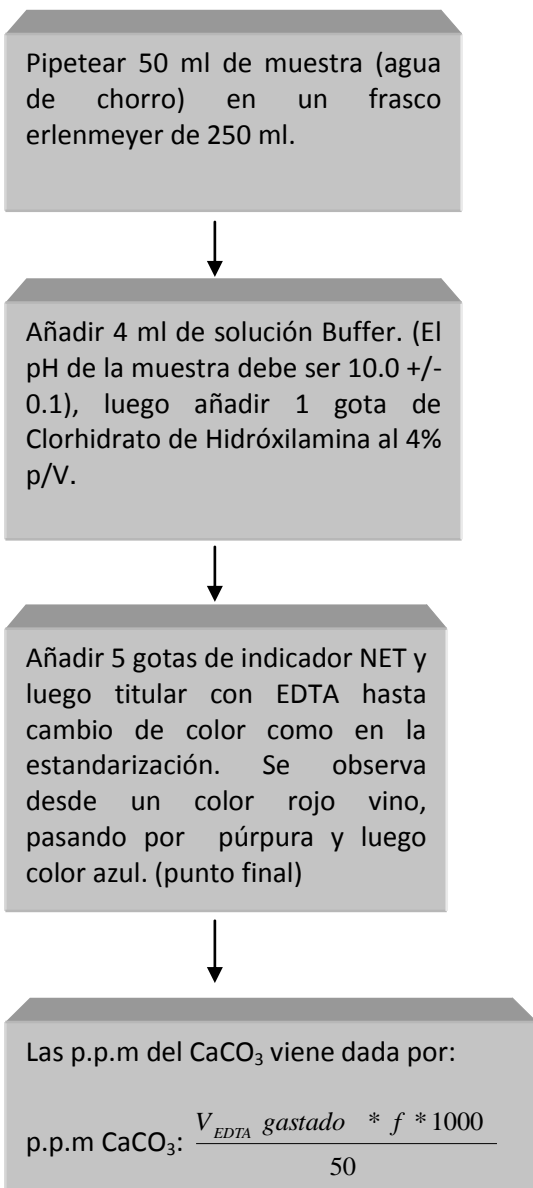


Figura 5.26: Flujograma de estandarización del EDTA, actual y propuesta.

DETERMINACIÓN DE LA DUREZA.

Procedimiento Actual.



Procedimiento Propuesto.

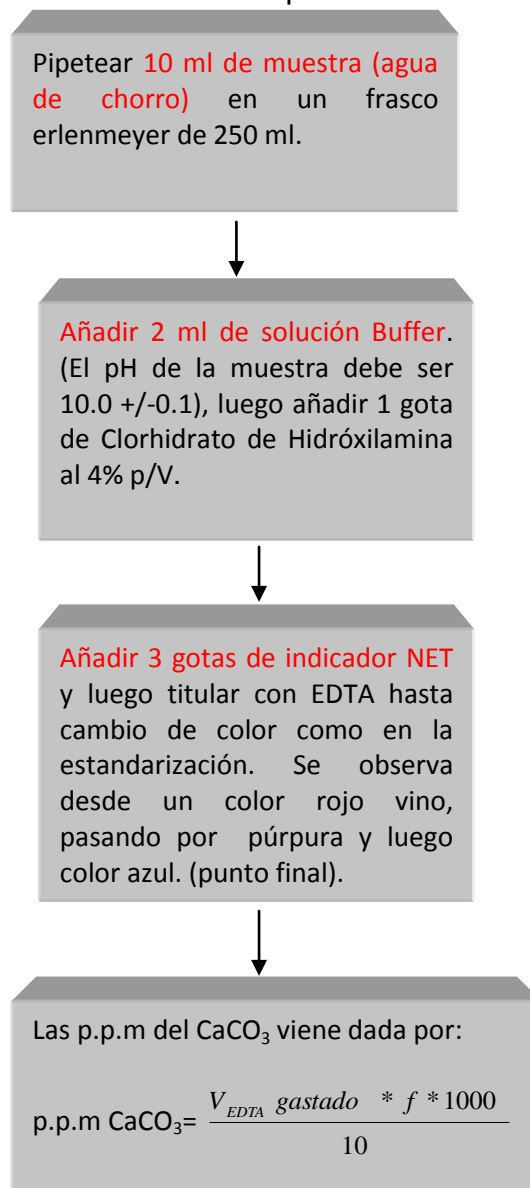


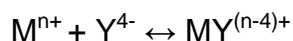
Figura 5.27: Flujoograma de determinación de la dureza, actual y propuesta.

DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA.

De acuerdo a la práctica se generan los siguientes desechos: una disolución acuosa inorgánica básica con iones Mg^{2+} , Ca^{2+} , con pH de 9.

Las soluciones de EDTA son especialmente valiosas porque este reactivo se combina con los iones metálicos en una proporción de 1:1 independientemente de la carga del catión. El EDTA es un reactivo notable no solo por formar quelatos con todos los cationes, sino también porque estos quelatos son suficientemente estables en las titulaciones. Esta gran estabilidad se debe sin duda, a los distintos sitios de complejacion que existen dentro de la molécula (cuatro grupos carboxilos y dos grupos amino) que le confieren una estructura en forma de jaula que encierra al catión y lo aísla de las moléculas del solvente.

Por lo general la reacción que se genera entre el anión del EDTA y el ion metálico M^{n+} es la siguiente:



Donde:

M^{n+} : es el ion metálico.

Y^{4-} : es la forma completamente desprotonada de la molécula de EDTA.

Se presenta en la siguiente tabla la cantidad de reactivos que se utiliza normalmente en el desarrollo de dicha práctica y la cantidad reducida que se propone con el fin de minimizar la generación de desechos.

Tabla 5.8. Reactivos de estandarización del EDTA.

REACTIVO	CANTIDAD UTILIZADA ACTUALMENTE	CANTIDAD REDUCIDA PROPUESTA	% REDUCCIÓN
Solución de Calcio	25 ml	10 ml	60%
Agua	25 ml	15 ml	40%
Solución Buffer.	2 ml	1 ml	50%
Negro de Eriocromo T (NET).	6 gotas	3 gotas	50%
EDTA ocupado en titulación.	33.7 ml	16.5 ml	51.04%
VOLUMEN TOTAL DE DESECHO GENERADO	88.7 ml	44 ml	50.39%

Podemos observar de la tabla 5.8 que las cantidades de reactivos han sido disminuidas, el desarrollo de la práctica se realizó sin ningún tipo de inconveniente obteniéndose los resultados esperados, todo lo anterior nos ayuda en gran medida a generar la menor cantidad de desechos posibles.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de reactivos que se utiliza normalmente en la determinación de dureza de la práctica actual y la cantidad reducida que se propone con el fin de minimizar la generación de desechos.

Tabla 5.9. Reactivos para determinación de la dureza.

REACTIVO	CANTIDAD UTILIZADA ACTUALMENTE	CANTIDAD REDUCIDA PROPUESTA	% REDUCCIÓN
Agua	50 ml	10 ml	80%
Clorhidrato de Hidróxilamina	1 gota	1 gota	0%
Solución Buffer.	4 ml	2 ml	50%
Negro de Eriocromo T (NET)	5 gotas	3 gotas	40%
EDTA ocupado en titulación.	16.5 ml	4 ml	75.8%
VOLUMEN TOTAL DE DESECHO GENERADO	73.5 ml	18	75.5

Podemos observar de la tabla 5.9 que las cantidades de reactivos han sido disminuidas, el desarrollo de la practica se realizó sin ningún tipo de inconveniente obteniéndose los resultados esperados, todo lo anterior nos ayuda en gran medida a generar la menor cantidad de desechos posibles. Los cálculos de la práctica pueden consultarse en el Anexo 7.

Comparando los volúmenes de solución generados por ambas practicas actual y propuesta:

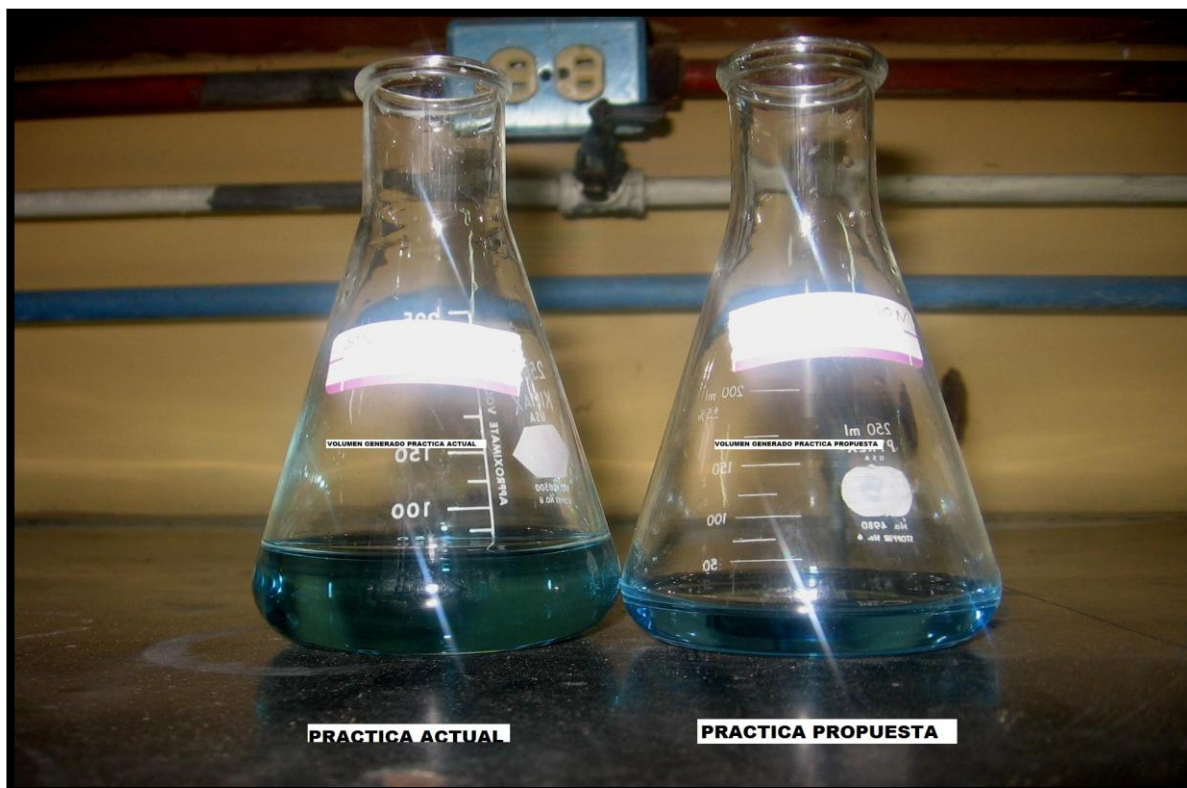


Figura 5.28: Comparación de volúmenes de desecho generado.

En la fotografía se observa claramente la disminución en volumen generado cuando se realiza la práctica de laboratorio con las cantidades de reactivos reducidas propuestas.

CLASIFICACIÓN, ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA.

Al finalizar la práctica tenemos como desecho: *una disolución acuosa básica con $ph=9.0$ con iones Ca^{2+} y Mg^{2+} .*

De acuerdo a la clasificación de los desechos del cap.3 pagina 71, el desecho esta dentro del grupo III de disoluciones acuosas.

ALMACENAMIENTO.

El almacenamiento de la solución debe realizarse en un bidón de polietileno debido a que tenemos una disolución acuosa, el volumen del bidón será de acuerdo a la cantidad de desecho que se genere (recomendable en uno de 5 litros). Luego del almacenamiento el bidón se etiquetara para identificación fácil del desecho, y se le colocara la etiqueta con el color (para el caso será color azul) respectivo de acuerdo al grupo al que pertenezca el desecho peligroso.

TRATAMIENTO.

El tratamiento realizado: De acuerdo al pH generado por la solución se neutraliza con HCl 6N, para disminuir el pH básico característico de la solución y dejarle en un rango de 6.5-7.5.

DISPOSICIÓN FINAL.

La solución generada no puede ser vertida al alcantarillado y de acuerdo a la *Norma para regular la Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial descargadas al Alcantarillado, no se acepta la dilución con aguas ajenas al proceso del establecimiento emisor como procedimiento de tratamiento de los efluentes líquidos, para lograr una reducción de cargas contaminantes*, por lo que se debe basar en *la ley del medio ambiente la cual detalla en su Decreto No.41, Art 23 Reglamento Especial en Materia de Residuos y Desechos Peligrosos, las categorías de desechos peligrosos de las corrientes de desecho y de acuerdo a la solución generada nos encontramos en la categoría Y35 (Soluciones básicas o bases en forma sólida).*

La disposición final debe realizarse con cualquier empresa ajena a la institución universitaria que sea destinada a este fin, es muy factible para este caso la incineración o el coprocesamiento en hornos cementeros. También puede implementarse los procesos de estabilización/solidificación utilizados para el tratamiento de desechos peligrosos. Esta técnica es recomendable para el manejo de desechos peligrosos, es un término normalmente utilizado para designar una

tecnología que emplea aditivos para reducir la movilidad de los contaminantes, haciendo así al residuo aceptable a los requerimientos de disposición en el suelo. La solidificación/estabilización son procesos de tratamiento designados para mejorar el manejo de desechos y las características físicas, disminuir el área superficial a través de la cual los contaminantes se pueden transferir o infiltrar, limitar la solubilidad o desintoxicar los constituyentes peligrosos.

La práctica de laboratorio realizada para la determinación de residuos y desechos peligrosos para química inorgánica fue la siguiente:

5.8.5. PRÁCTICA DE METALES ALCALINOTÉRREOS.

El desarrollo de esta práctica contempla como principal objetivo de gestión:

- Utilización de las diferentes técnicas de manejo, almacenamiento, tratamiento y disposición final respectiva.

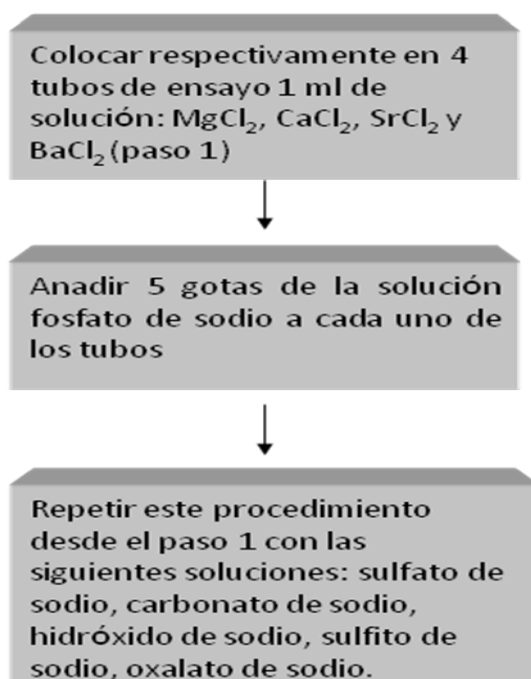
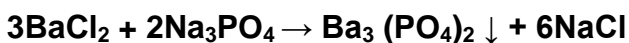
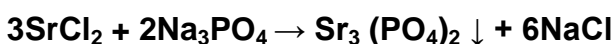
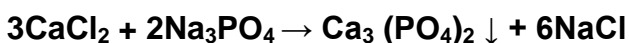
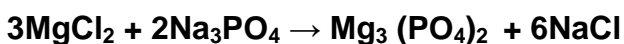


Figura 5.29: Flujograma de práctica de metales alcalinotérreos.

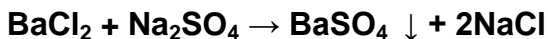
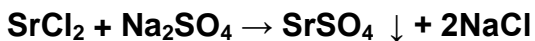
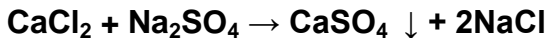
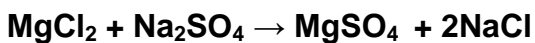
DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA METALES ALCALINOTÉRREOS.

Las reacciones que se generan en la práctica son:

- Con fosfato de sodio



- Sulfato de Sodio



De acuerdo a la práctica se generan los siguientes desechos:

- Una disolución acuosa inorgánica de carácter básico conteniendo iones Cl^- , Na^+ , además de los siguientes iones generados por las reacciones de la practica tales como: Mg^{2+} , SO_4^{-2} , CO_3^- , Sr^{2+} , PO_4^{-3} , Ca^{2+} , SO_3^{-2} .
- Los precipitados generados por las distintas reacciones de la práctica son los siguientes: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$, CaSO_4 , SrSO_4 , BaSO_4 , BaCO_3 , $\text{Sr}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$, SrSO_3 , BaSO_3 , CaC_2O_4 , SrC_2O_4 , BaC_2O_4 .

MANEJO ADECUADO PARA LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA METALES ALCALINOTÉRREOS.

De acuerdo a la clasificación de los desechos del cap.3 pagina 71, los desechos están dentro del grupo III de disoluciones acuosas inorgánicas y del grupo VI de sólidos inorgánicos.

TRATAMIENTO.

El tratamiento realizado: De acuerdo al pH generado por la solución es necesaria su neutralización a un pH de 6 a 6.5.

Luego deben filtrarse la solución con papel filtro whatman 541 para la obtención del precipitado solido.

ALMACENAMIENTO.

El almacenamiento de la disolución acuosa inorgánica debe realizarse en un envase de polietileno, el volumen será de acuerdo a la cantidad de desecho que se genere (recomendable en uno de 2 litros).

El envase debe etiquetarse para identificación fácil del desecho, y se le colocara la etiqueta con el color respectivo de acuerdo al grupo al que pertenezca el desecho peligroso.

Los precipitados ya filtrados deben ser almacenados en bolsas ziploc y rotularlas debidamente, estos a la vez deben ser almacenados en un contenedor para sólidos hasta reunir las cantidades necesarias para su disposición final.

DISPOSICIÓN FINAL.

La solución generada no puede ser vertida al alcantarillado y de acuerdo a la *Norma para regular la Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial descargadas al Alcantarillado, no se acepta la dilución con aguas ajenas al proceso del establecimiento emisor como procedimiento de tratamiento de los efluentes líquidos, para lograr una reducción de cargas contaminantes* , por lo que se debe basar en *la ley del medio ambiente la cual detalla en su Decreto No.41, Art 23 Reglamento Especial en Materia de Residuos y Desechos Peligrosos, las categorías de desechos peligrosos de las corrientes de desecho y de acuerdo a la solución generada nos encontramos en la categoría Y35 (Soluciones básicas o bases en forma sólida).*

La disposición final debe realizarse con cualquier empresa ajena a la institución universitaria que sea destinada a este fin, o ensayar las alternativas de disposición final que podrían aplicarse a los desechos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio entre ellas:

- El Relleno de seguridad.
- Coprocesamiento en hornos cementeros.
- Procesos de Estabilización/Solidificación Utilizados para el Tratamiento de Desechos Peligrosos. Esta técnica es recomendable para el manejo de desechos peligrosos, es un término normalmente utilizado para designar una tecnología que emplea aditivos para reducir la movilidad de los contaminantes, haciendo así al residuo aceptable a los requerimientos de disposición en el suelo.

5.9. RUTA DE PROCESO GENERAL PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

Se plantea un flujograma donde se plasma el camino a seguir para el adecuado manejo del desecho generado, cabe destacar que dicho flujograma puede ser usado para las prácticas de cualquier materia de la carrera de Ingeniería Química.

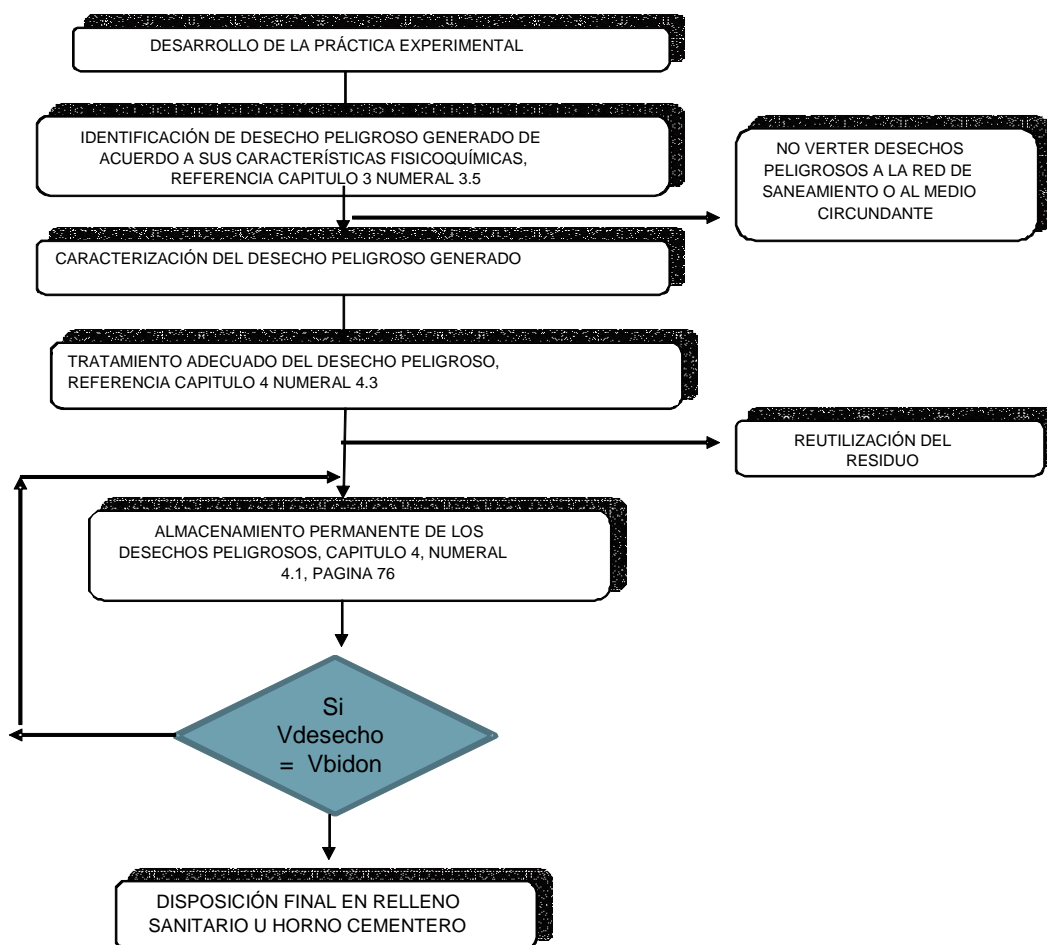


Figura 5.30. Ruta de proceso para el manejo adecuado de los desechos peligrosos generados en las prácticas de laboratorio.

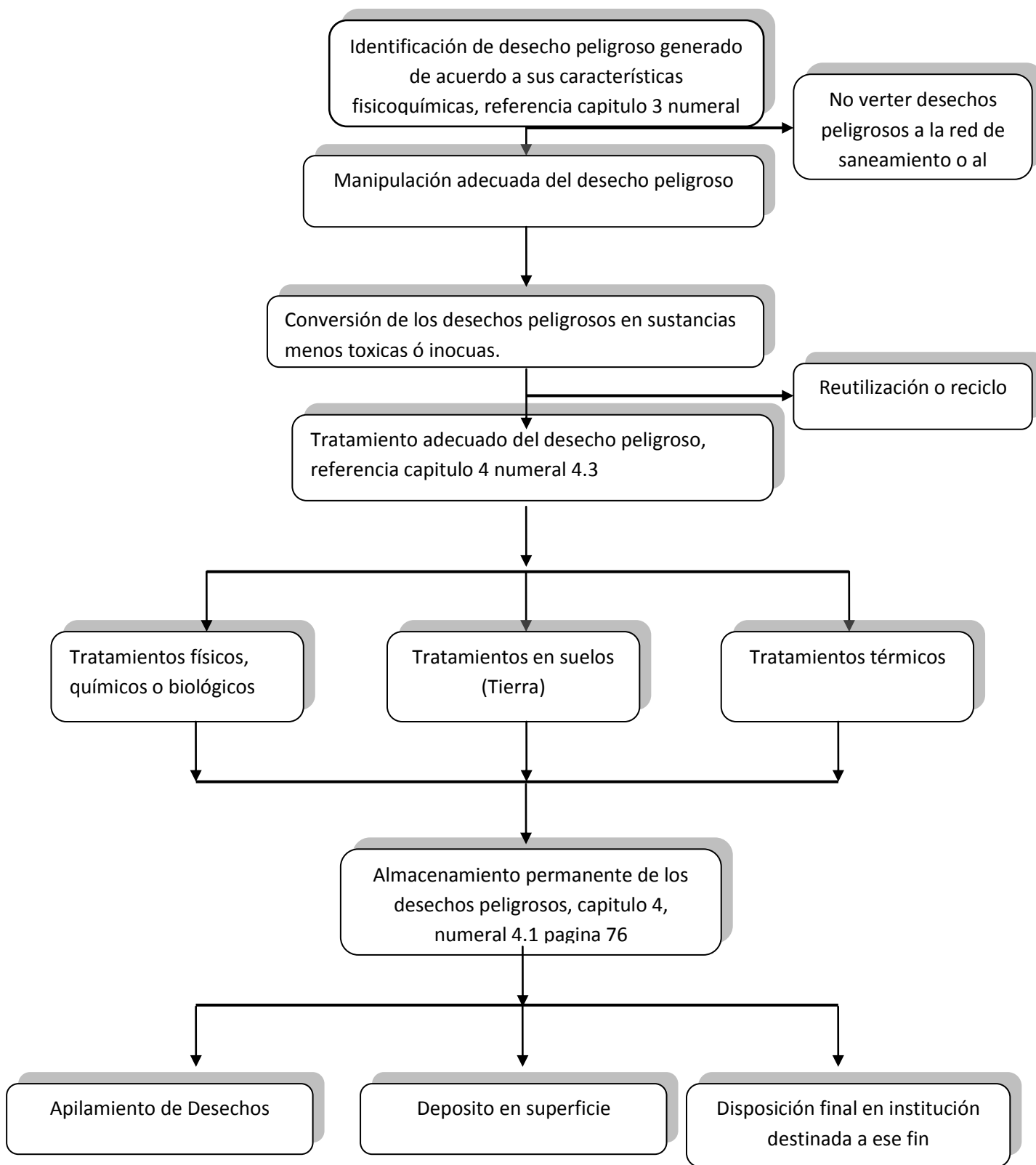


Figura 5.31. Ruta de proceso general para el manejo adecuado de los desechos peligrosos.

5.10. INVERSIÓN EN EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO PARA UN MANEJO ADECUADO EN LA GESTIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS GENERADOS EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASIGNATURAS QUÍMICA ANALÍTICA Y QUÍMICA INORGÁNICA.

El equipo mínimo y necesario con el que debe contar el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química para el desarrollo de las prácticas de laboratorio y posterior manejo adecuado de los desechos peligrosos generados en las asignaturas química analítica y química inorgánica, se detalla en la tabla 5.10, cabe destacar que la tabla 5.11 hace referencia al material idóneo para el almacenamiento de los desechos peligrosos generados para un periodo determinado de dos años.

Tabla 5.10 Inversión en equipo para un manejo adecuado en la gestión de desechos peligrosos.

EQUIPO	ESPACIO DE UBICACION	FINALIDAD	UNIDADES A UTILIZAR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Estantes para reactivos.	2 X 1.8 mt	Ordenamiento de reactivos	7	\$ 90.00	\$ 630.00
Estantes para desechos.	2 X 1.8 mt	Ordenamiento de desechos	4	\$ 90.00	\$ 360.00
Vitrinas extractoras	140x76x210 cms.	Extracción de gases producidos.	2	\$ 700.00	\$ 1400.00
Extractores localizados	0.5 mt ³	Extracción de gases producidos.	1	\$ 92.00	\$ 92.00
Lava ojos y ducha de seguridad	1 mt ³	Lavado de emergencias.	1	\$ 170.00	\$ 170.00
Extintores	0.5 mt ²	Extinguir incendios	2	\$ 35.50	\$ 71.00
Contenedor	10 mt ³	Almacenamiento de los desecho del laboratorio	1	\$ 3220.00	\$ 3220.00

TOTAL EN EQUIPO: \$ 5943.00

Tabla 5.11 Inversión en materiales para un manejo adecuado en la gestión de desechos peligrosos.

EQUIPO	ESPACIO DE UBICACION	FINALIDAD	UNIDADES A UTILIZAR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Bidones para líquidos	0.5 mt ³	Almacenamiento a corto o largo plazo	5	\$ 20.00	\$ 100.00
Contenedores para sólidos	0.5 mt ³	Almacenamiento a corto o largo plazo	5	\$ 15.00	\$ 75.00
Envases plásticos de 2 lt.	0.5 mt ³	Almacenamiento de desechos líquidos de Química Inorgánica.	20	\$ 0.75	\$ 15.00
Bolsas Ziploc	0.1 mt ³	Almacenamiento de desechos sólidos de Química Inorgánica.	Caja de 100 unidades	\$ 0.10	\$ 10.00
Caja Plástica	7 litros	Almacenar la cristalería quebrada	2	\$ 3.5	\$ 7.00
Vermiculita	0.5 mt ²	Absorber derrames de químicos	25 Kg	\$ 27.50	\$ 27.50
Durapax	0.5 mt ²	Absorber derrames de químicos	25 Kg	\$ 10.00	\$ 10.00

TOTAL EN MATERIALES: \$ 244.50

TOTAL INVERSIÓN = TOTAL EN EQUIPO + TOTAL EN MATERIALES

TOTAL INVERSIÓN = \$ 5943.00 + \$ 244.50 = \$ 6187.50.

RECOMENDACIONES.

- ✓ Llevar un control adecuado de las cantidades utilizadas de reactivos en las prácticas de laboratorio, es de mucha importancia también tratar de llevar las cantidades de residuos y desechos peligrosos generados, así como las alternativas de disposición o tratamiento empleados. En el anexo 8 se presenta un ejemplo de una bitácora para la recolección de los datos de los desechos generados.
- ✓ Fortalecer la seguridad e higiene en el área de laboratorio, principalmente en el área de manejo de productos químicos y desechos peligrosos generados.
- ✓ Establecer y definir claramente las responsabilidades de cada una de las personas que estén involucradas en realizar la gestión de los desechos sólidos y líquidos generados en los laboratorios.
- ✓ Promover la capacitación y divulgación del manejo ambientalmente adecuado de sustancias químicas y disposición de desechos químicos peligrosos.
- ✓ Concientizar a toda la población estudiantil, docentes, técnicos encargados del laboratorio y demás personas que hagan uso de las instalaciones del laboratorio de la escuela, del problema que existe al no hacer un manejo adecuado de los residuos y desechos peligrosos.

CONCLUSIONES.

- ✓ Los desechos peligrosos que se generan en los laboratorios universitarios tienen características particulares que demandan ser tomadas en cuenta al determinar la forma más adecuada para su manejo.
- ✓ Se enmarca una serie de técnicas para la gestión de residuos y desechos peligrosos que contiene normas y procedimientos necesarios para el manejo de los desechos químicos peligrosos generados en el laboratorio, donde además, figuran recomendaciones para su aplicación en futuras prácticas. Esta guía sobre la disposición de los desechos químicos presenta como fin último favorecer el desarrollo de experiencias de laboratorio acordes a programas de seguridad y legislaciones ambientales vigentes.
- ✓ Para la implementación de cualquier actividad sobre los desechos y residuos generados, se debe buscar la participación activa y el compromiso de los encargados responsables de los procesos en los laboratorios, para que se lleven a cabo de una manera sistemática y comprometida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

• BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- ✓ CRISTIAN, D. Química Analítica. 2 Ed. Limusa. México. 1981.
- ✓ SKOOG, D y WEST, D. HOLLER F. Química Analítica. 6 Ed. Mc Graw Hill. México 1995.
- ✓ ROD, O`CONNOR, La química de O`connor, Ed. Harla, Colombia. 1990.
- ✓ MANUAL DE QUÍMICA INORGÁNICA, Escuela de Ingeniería Química, Universidad de El Salvador, 2009.
- ✓ MANUAL DE QUÍMICA ANALÍTICA, Escuela de Ingeniería Química, Universidad de El Salvador, 2009.
- ✓ LEY DE MEDIO AMBIENTE DE EL SALVADOR DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador Lunes 4 de Mayo de 1998. Decreto Legislativo No. 233.
- ✓ DECRETO N° 41.- REGLAMENTO ESPECIAL EN MATERIA DE SUSTANCIAS, RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS.
- ✓ NORMA SALVADOREÑA NSO 13.49.01:08. AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.
- ✓ ACUERDO REGIONAL SOBRE EL MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO DE DESECHOS PELIGROSOS 17 de junio de 1987.
- ✓ CONVENIO DE BASILEA SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN ADOPTADO POR LA CONFERENCIA DE PLENIPOTENCIARIOS DEL 22 DE MARZO 1989.

- PAGINAS WEB CONSULTADA.

- ✓ <http://www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/13Residu/100Resid.htm>
- ✓ http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/basilea/basilea.htm
- ✓ <http://www.marn.gob.sv/uploaded/content/article/1313759232.pdf>
- ✓ <http://www.gestionambientalparadesechosyresiduos peligrosos.htm>
- ✓ <http://uprl.unizar.es/doc/prespelig.pdf>
- ✓ <http://www2.udec.cl/sqrt/reglamento/reglresiduos.html>

ANEXOS

ANEXO 1

INVENTARIO DE REACTIVOS

REACTIVOS MICROBIOLOGÍA					
NOMBRE	CAL.	COD.	FORMULA	PUREZA	UBICACIÓN
Agar	R	A-1	16 grs. x 1000 ml H ₂ O		1 - 1
Albumina de Huevo	R	A-3			1 - 1
L(+) Arabinosa	R	A-4	C ₅ H ₁₀ O ₅		1 - 1
Brillante Verde Agar	R	B-1	58grs x 1000ml H ₂ O		
Bismuto Sulfito Agar	USP	B-2	52grs x 1000ml H ₂ O		1 - 1
Brillante Verde Bili Broth 2%	R	B-3	40grs x 1000ml H ₂ O		2 - 1
Brain Heart Infusion Agar	R		52grs x 1000ml H ₂ O		
Caso Agar Caseinpepton	R	C-1	39grs x 1000ml H ₂ O		1- 1
Caldo de Caseinpepton de Harina de Soya	R	C-2	30grs x 1000ml H ₂ O		1 - 1
Chapman Agar	R	C-3	147grs x 1000ml H ₂ O		1- 1
Desoxycholate	R		46grs x 1000ml H ₂ O		
EMB Agar (Eosina Azul de Metilo)	R	E-1	36grs x 1000ml H ₂ O		1 - 1
Extracto Di Malto Terreno Agar	R	E-2	67grs x 1000ml H ₂ O		1- 1
Extracto Tricticasa Glucosa Agar	R	E-3	24grs x 1000ml H ₂ O		1- 1
EC Medium	R	E-4	37grs x 1000ml H ₂ O		1 - 1
Fructosa	R	F-1	C ₆ H ₁₂ O ₆		
Gelatina	R	G-1			1- 4
Gelysate Peptona Pancreatic Hidrolysate	R	G-2			1- 4
Gelatina Peptona Bios	R	G-3			1- 4
D (+) Lactosa Monohidratada	R	L-1	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ H ₂ O		1- 2
Lactosa Broth	R	L-2	13grs x 1000 ml H ₂ O		1 - 2
Lauryl Pepto Bios Broth	R	L-3	35grs x 1000 ml H ₂ O		1- 4
Malt Extract		M-1			1 - 4
Manitol Galt Agar		M-2	111gr X 1000 ml		1 -2
Manitol		M-2A	C ₆ H ₁₄ O ₆		1- 2
MR-VP Medium		M-3	17gr X1000 ml		1- 2
Agar Nutritivo (Nahragar)		N-1	20gr X1000 ml		1 - 2
Nutriente Broth			8gr X 1000 ml		
Potato Dextrosa Agar PDA		P-1	39gr X 1000 ml		1- 2
Peptona		P-2	39 gr X 1000 ml		1- 2
Potasio Tetrathionato Cristal Violeta Broth		P-3	35gr X 1000 ml		1 - 2
Potato Starch (almidon de papa)		P-4			1 - 2
Pectina Cítrica		P-5			1 - 2
LÍQUIDO S INORGANICOS					
NOMBRE	CAL.	COD.	FORMULA	PUREZA	UBICACION
Ácido Clorhídrico	R	A-1	HCl	0.37	7
Ácido Florhidrico	R	A-2	HF	0.48	7
Ácido Fosforico	R	A-3	H ₃ PO ₄	0.85	7
Ácido Nítrico	R	A-4	HNO ₃	0.65	7

Ácido Perclórico	R	A-5	HClO ₃	0.71	7
Ácido Sulfúrico	R	A-6	H ₂ SO ₄	0.96	7
Ácido Sulfúrico	industrial	6-A	H ₂ SO ₄		7
Amonio Sulfuro de	R	A-7	(NH ₄) ₂ S	0.2	7
Amonio Hidróxido de (amoniaco)					7
Bromo	R	B-1	Br ₂	0.993	7
Cromo Trióxido de	R	C-1		0.3	7
Hidrogeno Peroxido de	R	H-1	H ₂ O ₂		7
Hidracina	R	H-2	NH ₂ NH ₂		
Mercurio	R	M-1	Hg		7
Propilenglicol		P-1			
Sodio Silicato de	(industrial)				1
Buffer PH – 4.01					1
Buffer PH – 7.00					1
Buffer PH – 10.00					1
LÍQUIDOS ORGANICOS					
NOMBRE	CAL.	COD.	FORMULA	PUREZA	UBICACION
Acetofenona	R	A-1		99.7	6
Acetona	R	A-2	CH ₃ COCH ₃		3-4
Aceite Mineral (industrial)		A-3		95	3-4
Ácido Acetico Anhidro	R	A-4	(CH ₃ CO) ₂ O	99.9	7 y 4-8
Ácido Acetico Glacial	R	A-5	CH ₃ COOH		3-4
Ácido Lactico	R	A-6	C ₃ H ₆ O ₃		3-4
Alcohol Amilico Normal	R	A-7	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	99.5	3-4
Alcohol N-Butilico	R	A-8	CH ₃ (CH ₂) ₃ OH		3-4
Alcohol T-Butilico	R	A-9	(CH ₃) ₃ COH	95	3-4
Alcohol Desnaturalizado	R	A-10		99.8	3-4
Alcohol Etilico (Etanol absoluto)	R	A-11	C ₂ H ₅ OH	99	3-4
Alcohol Isoamilico (3- Metil- 1- Butanol)	R	A-12	(CH ₃) ₃ CH ₂ CH ₂ OH	99.7	3-4 y 4-8
Alcohol Isopropilico (2- propanol)	R	A-13	CH ₃ CH(OH)CH ₃	99.8	5
Alcohol Metilico (metanol)	R		CH ₃ OH	99	3-4
Anilina	R	A-15	C ₆ H ₅ NH ₂		6
Alcohol Isobutilico	R	A-16	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	99.7	6 y 4-8
Benceno	R	B-1	C ₆ H ₆	99.5	
Bencina de Petroleo	R			99.8	
Carbono Tetracloruro de	R		CCl ₄	99.5	3-3
Ciclohexano	R	C-2	C ₆ H ₁₂	99.5	3-3
Ciclopentano	R	C-3	C ₅ H ₁₀	99	4-8
Cloroformo	R	C-4	CHCl ₃		3-3
1- Cloronaftaleno	R	C-5	C ₁₀ H ₇ Cl		3-3
Tri-Cresol Fosfato de	R	C-6	(CH ₃ C ₆ H ₄ O) ₃ PO	99.9	3-3
Carbon Disulfido de	R	C-7	CS ₂		3-3
Dimetilformamida	R	D-1	HCON		3-3
Dinonylftalato	R	D-2	C ₆ H ₄ (COOC ₉ H ₁₉) ₂		3-3
Dioxano	R		C ₄ H ₈ O ₂		
Etanol Desnaturalizado		E-1		99.5	4-8
Etanodiol	R	E-2	C ₂ H ₆ O ₂	99.5	3-3
Etilmetilcetona (2- Butano)	R	E-3	CH ₃ COOC ₂ H ₅	99.5	4-8
Etilo Acetato de	R	E-4	CH ₃ COOC ₂ H ₅		4-8
Eter Etilico (purificado)	USP	E-5	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅		3-3 y 4-7
Eter Etilico (dietilico)		E-6	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅		4-8
Eter de Petroleo	R	E-7		98	4-7

Fenilhidrazina	R	F-1	C ₆ H ₅ NHNH ₂	35	4-7
Formaldehído o Metanol	R	F-2	HCHO	95	4-7
Flurforal	R	F-3	C ₅ H ₄ O ₂	87	4-7
Glicerol o Glicerina	R	G-1	C ₃ H ₈ O ₃		4-7
Heptano Normal	R	H-1	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃	97	4-7
Hexano Normal	R	H-2	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	99	6
Isobutil Metil Cetona	R	I-1	CH ₃ -CH-CH ₂ -CO-CH ₃		4-7
Karl Hisher (solucion)	R	K-1			4-7
Nicotina	R	N-1	C ₁₀ H ₁₄ N ₂	99	4-7
Nitrobenceno	R	N-2	C ₆ H ₅ NO ₂		4-7
Octano Normal	R	O-1	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	99	4-7
Pentano Normal	R	P-1	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	99.5	4-7
Piridina	R	P-2	C ₅ H ₅ N	99	3-2
2,2,4-Trimetilpentano	R	T-1	(CH ₃) ₃ CCH ₂ CH(CH ₃) ₂	99	3-2
Trietanolamina	R	T-2	C ₆ H ₅ NO ₃		4-8
Tridecil Benceno	R	T-3	C ₆ H ₅ (C ₁₃ H ₂₇)	99.5	3-2
Tolueno	R	T-4	CH ₃		3-2
Xileno					
T - Toluidina	(solución)	T-5	CH ₃ C ₆ H ₄ NH ₂	95	6
SÓLIDOS INORGANICOS					
NOMBRE	CAL.	COD.	FORMULA	PUREZA	UBICACION
Ácido Arsénico Anhidrico	R	A-1	AS ₂ O ₃	99.50%	5-1
Ácido Bórico	R	A-1	H ₃ BO ₃	99.80%	5-1
Ácido Fosfomolibdico	R	A-3	P ₂ O ₃ 24MoD ₃ H ₂ O	85.30%	5-1
Ácido Molibdico		A-4			5-6
Alumbre (industrial)		A-5			5-1
Aluminio en cinta	R	A-6	AL		5-1
Aluminio Oxido de	R	A-7	AL ₂ O ₃	99.80%	5-1
Amonio Cloruro de	R	A-8	NH ₄ Cl	99.00%	5-1
Amonio Fosfato de (dibásico)	R	A-9	(NH ₄) ₂ HPO ₄	99.00%	5-1
Amonio Heptamolibdato de	R	A-10	NH ₄ Mo ₇ O ₂₄ 4H ₂ O	99.70%	5-1
Amonio Vanadato de	R	A-11	NH ₄ VO ₃	99.00%	5-1 y 5-1
Amonio Nitrato de	R	A-12	NH ₄ NO ₃		5-1
Amonio Sulfato	R	A-13	(NH ₄) ₂ SO ₄	99.90%	5-1
Amonio Tiocianato de	R	A-14	NH ₄ SCN	99.60%	5-1
Amonio Lerico Sulfato de	R	A-15	(NH ₄) ₄ Le(SO ₄) ₄	99.00%	5-1
Amonio Ferrico Sulfato de	R	A-16	NH ₄ Fe(SO ₄) ₂ 12H ₂ O	99.00%	5- 1
Amonio Ferrico Sulfato de	R	A-17	(NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ 6H ₂ O	99.00%	5-1
Antimonio III Cloruro de	R	A-18	SbCl ₃		5-1
Azufre en Flor (industrial)		A-19			5-1
Aluminio Sulfato de (industrial)		A-20			5-1
Amonio Carbonato	R	A-21	(NH ₄) ₂ CO ₃	94.70%	5-1
Bario Cloruro de	R	B-1	BaCl ₂ 2H ₂ O		5-1
Bario Hidroxido de	R	B-2	Ba(OH) ₂ 8H ₂ O		5-1
Anti - Borax				71.00%	5-1
Bismuto III Nitrato de	R	B-4	Bi(NO ₃) ₃		5-1
Borax		B-5			5-1
Bario Carbonato		B-6		99.50%	5-1
Cadmio Cloruro de	R	C-1	CdCl ₂ 2 1/2 H ₂ O	99.90%	5-1
Cadmio Sulfato de	R	C-2	CdSO ₄ 8 H ₂ O	99.00%	5-1
Calcio Carbonato de	R	C-3	CaCO ₃		5-1
Calcio Carbonato de (industrial)		C-4			5-6 y 5-7
Calcio carbonato de	R	C-5	CaCO ₃		5-6
Calcio Cloruro de	R	C-6	CaCl ₂ (anhidro)	99.90%	5-7

Calcio cloruro de	R	C-7	CaCl ₂ 2H ₂ O	96.00%	5-7 y 5-11
Calcio Hidroxido de	R	C-8	Ca(OH) ₂	97.00%	5-7
Calcio Oxido de	R	C-9	CaO	99.90%	5-6
Calcio Sulfato de	R	C-10	CaSO ₄ 2H ₂ O		
Caolin				99.00%	5-7
Cobre II Oxido de	R	C-12	CuO	99.00%	5-7 y 5-6
Cobre II Sulfato de	R	C-13	CuSO ₄ 5H ₂ O		5-7
Cobre II Sulfato de (industrial)		C-14		99.0%	5-7
Cromo VI, Oxido de	R	C-15	CrO ₃		5-7
Cobre Cloruro de	R	C-16	CuCl	99.70%	5-7 y 5-11
Cobalto Cloruro de	R	C-17	CoCl ₂ 6H ₂ O		
Calcio Hipoclorito (industrial)				99.99%	5-7 y 5-6
Cloruro Ferrico	R	C-19	FeCl ₃ 6H ₂ O		5-7
Sulfato de Cobalto		C-20		98.00%	5-7
Estaño II Cloruro de	R	E-1	SnCl 2H ₂ O		5-6
Hidrazina Dihidroxicloloruro de	R	H-1	NH ₂ NH ₂ 2HCl	99.95%	5-7
Hierro (alambre)		H-2	Fe	99.50%	5-2
Hierro II Sulfato de	R	H-3	FeSO ₄ 7H ₂ O	84.50%	5-2 y 5-6
Hierro III Sulfato de	R	H-4	Fe(SO ₄) ₃ X H ₂ O		5-2
Hierro III Nitrato de	R	H-5	Fe(NO ₃) ₃ 9H ₂ O		5-2
Iodo metálico	R	I-1			5-6
Ladrillo Molido		L-1			5-2
Lantano III Oxido de	R	L-2	La ₂ O ₃		5-2
Litio Sulfato de	R	L-3	Li ₂ SO ₄	99.00%	5-2
Magnesio	R	M-1	Mg		5-2
Magnesio (en virutas)	R	M-2	Mg		5-2
Magnesio II Nitrato de	R	M-3	Mg(NO ₃) ₂ 6H ₂ O	97.09%	5-2 y 5-6
Magnesio Oxido de	R	M-4	MgO	99.50%	5-2 y 5-6
Magnesio Sulfato	R	M-5	MgSO ₄ 7H ₂ O	99.00%	5-2
Manganeso II Sulfato de	R	M-7	MnSO ₄ H ₂ O	99.50%	5-2
Mercurio II Cloruro de	R	M-8	HgCl ₂	99.00%	5-2
Mercurio II Oxido de	R	M-9	HgO	99.60%	5-3
Mercurio II Sulfato de	R	M-10	HgSO ₄	99.00%	5-3
Mercurio II Ioduro de	R	M-11	HgI ₂		5-6 y 5-3
Magnesio Cloruro de	R	M-12	MgCl 6H ₂ O		5-3
Magnesio Metalico en tiras	-	M-13		98.60%	5-3
Niquel II Sulfato de	R	N-1	NiSO ₄ 6H ₂ O		5-3
Niquel Cloruro de	R	N-2	NiCl ₂ 6H ₂ O	99.70%	5-6
Nitrato Cobalto	R	N-3	Co(NO ₃) ₂ 6H ₂ O	99.90%	5-3
Plata Carbonato de	R	P-1	Ag ₂ CO ₃	99.90%	5-3
Plata cloruro de	R	P-2	AgCl		5-3
Plata Ioduro de	R	P-3	AgI	98.80%	5-3 y 5-6
Plata Nitrato de	R	P-4	AgNO ₃		5-3
Plomo Bixido de	R	P-5	PbO ₂		5-3
Plomo II Bromuro de	R	P-6	PbBr ₂	99.90%	5-3
Plomo II Cloruro de	R	P-7	Pb(Cl ₂)	99.60%	5-3
Plomo II Nitrato de	R	P-8	Pb(NO ₃) ₂	90.00%	5-3
Potasio Bisulfuro de	R	P-9	K ₂ S ₂ O ₅	99.60%	5-6
Potasio Bitartato de	R	P-10	KHC ₄ H ₄ O ₆	99.90%	
Potasio Bromato de	R		KBrO ₃	99.50%	5-8
Potasio Bromuro de	R	P-12	KBr	99.00%	5-8
Potasio Carbonato de	R	P-13	K ₂ CO ₃	99.39%	5-8
Potasio Cloruro de	R	P-14	KCl	99.90%	5-8
Potasio Cromato de	R	P-15	K ₂ CrO ₄		5-8 y 5-6

Potasio Dicromato de	R	P-16	$K_2Cr_2O_7$	99.90%	5-8
Potasio Ferricianuro de	R	P-17	$K_3Fe(CN)_6$	99.90%	5-8
Potasio Fosfato de (monobasico)	R	P-18	KH_2PO_4	99.70%	5-6
Potasio Fosfato de (dibasico)	R	P-19	K_2HPO_4	99.00%	5-8 y 5-9
Potasio Ferrocianuro de	R	P-20	$K_3Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$	85.00%	5-8 y 5-11
Potasio Hidroxido de	R	P-21	KOH	99.00%	5-8
Potasio Nitrato de	R	P-22	KNO_3	99.50%	5-9
Potasio Perclorato de	R	P-23	$KClO_4$	99.00%	5-9 y 5-11
Potasio Permanganato de	R	P-24	$KMnO_4$		5-9
Potasio Meta Peryodato	R	P-25	KIO_4	99.90%	5-9
Potasio Persulfato de	R	P-26	$K_2S_2O_8$	99.90%	5-9
Potasio Sulfato de	R	P-27	K_2SO_4	99.50%	5-9
Potasio y Aluminio Sulfato de	R	P-28	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	99.00%	5-9
Potasio Tiocianato de (Sulfocianuro)	R	P-29	KSCN	99.70%	5-9
Potasio Iodato de	R	P-30	KIO_3	99.50%	5-9
Potasio Ioduro de	R	P-31	KI	44.00%	5-9
Potasio Sulfuro de	R	P-32	SK_2		5-11
Silica Gel Fumate	R	S-1	SiO_2		5-11
Silica Gel (tipo 60)	R	S-2	SiO_2		5-9
Silica Gel (con indicador de humedad)		S-3	SiO_2		
Sodio Metalico	R		Na	99.00%	
Sodio Azida	R		NaN_3		5-4
Sodio Arsenito de	R	S-6	$NaAsO_2$		5-4 y 5-11
Sodio Bensoato de	USP	S-7		99.50%	5-4
Sodio Bicarbonato de	R	S-8	$NaHCO_3$		5-4
Sodio Bicarbonato de (industrial)		S-9			5-11
Sodio Bisulfito de	R	S-10	$NaHSO_3$	99.50%	5-4
Sodio Bromuro de	R	S-11	NaBr	99.90%	5-4
Sodio Carbonato de	R	S-12	$Na_2CO_3 \cdot H_2O$		5-4
Sodio Carbonato de (industrial)		S-13		99.50%	5-4
Sodio Carbonato de (anhidro)	R	S-14	Na_2CO_3		5-4 y 5-11
Sodio Cloruro de	R	S-15	NaCl		
Sodio Cloruro de (industrial)				99.70%	5-4
Sodio Fosfato de (monobasico)	R	S-17	$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$	98.00%	5-4
Sodio Fosfato de (dibasico)	R	S-18	$NaHPO_4 \cdot 2H_2O$	99.50%	5-4
Sodio Fosfato de	R	S-19	$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$	84.50%	5-4
Sodio Fosfato de	R	S-20	$Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$		5-5 y 5-11
Sodio Fosfato de	R	S-21	$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	99.00%	5-5 y 5-11
Sodio Hidroxido de	R	S-22	NaOH		5-11
Sodio Hidroxido de (industrial)	R	S-22		99.00%	5-5
Sodio Nitrato	R	S-23	$NaNO_3$	99.00%	5-5
Sodio Nitrito	R	S-24	$NaNO_2$	99.00%	5-5
Sodio Nitroprusiato	R	S-25	$Na_2[Fe(CN)_5NO] \cdot 2H_2O$		5-5
Sodio M- Silicato de	R	S-26	$Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	95.00%	
Sodio Peroxido de	R	S-27	Na_2O_2		5-5
Sodio Meta-peryodato de	R	S-28	$NaIO_4$	99.50%	5-11
Sodio Sulfito	R	S-29	Na_2SO_3	99.00%	5-5
Sodio Sulfato de (anhidro)	R	S-30	Na_2SO_4	99.50%	5
Sodio Tetraborato de (industrial)		S-31	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	99.50%	5-5
Sodio Tetraborato de (industrial)		S-32	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	98.50%	5-5
Sodio Tiocianato de	R	S-33	NaSCN	99.50%	5-5

Sodio Tiosulfato de	R	S-34	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O		5-10
Sodio Tungtato de	R	S-35	Na ₂ WO ₄ ·2H ₂ O	99.80%	5-5
Sodio Ioduro de	R	S-36	NaI		5
Sodio Silicato de	R	S-37			5-10
Sodio Hidrosulfito de (industrial)		S-38			5-10
Sodio Tripolifosfato de (indust.)		S-39		99.90%	5-10
Sulfato, Amonio y Aluminio	R	S-40	ANH ₄ (SO ₄) ₂ ·12H ₂ O		5-10
Tulio Cloruro de		T-1			5-10
Titanio Dioxido de	R	T-2	TiO ₂	99.90%	5-10
Talio Nitrato de	R	T-3		99.98%	
Sodio Fosfato Tribasico	R		Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	99.90%	5-10
Zinc (granallas)	R	Z-1	Zn	99.90%	5-10
Zinc (granular 2 mesh)	R	Z-2	Zn	99.00%	5-10
Zinc Oxido de	R	Z-3	ZnO		
Zinc Oxido de (industrial)					5-10 y 5-11
Zinc Sulfato de	R	Z-6	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	102.70%	5-10
Zinc Sulfito de	R	Z-5			5-10 y 5-11
SOLIDOS ORGANICOS					
NOMBRE	CAL.	COD.	FORMULA	PUREZA	UBICACION
Acetanilida	R	A-1	C ₆ H ₅ NHCOCH ₃	99	4-5
Acetanilida (industrial)		A-1A	C ₆ H ₅ NHCOCH ₃		4-5
P- Acetofenitida	R	A-2			4-5
Acido DL-2-Amino-3-Indeolepropionico	R	A-3	C ₇ H ₆ N:C ₃ H ₃ (NH ₂)CO ₂ H	99.7	4-5
Acido Ascorbico	R	A-4	C ₆ H ₈ O ₆	99.9	4-5
Acido Benzoico	R	A-5	C ₆ H ₅ COOH		4-5
Acido Citrico (industrial)		A-6	H ₃ C ₆ H ₅ O ₇ ·H ₂ O		4-5
Acido Estearico (industrial)		A-7	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	106.6	4-5
Acido Oxalico	R	A-8	C ₂ H ₂ O ₄ ·2H ₂ O	99	4-5
Acido Picrico (2,4,6)	R	A-9	(O ₂ N) ₃ C ₆ H ₂ OH	99.5	4-5
Acido Salicilico	R	A-10	2-OHC ₆ H ₄ COOH	99.8	4-5
Acido Succinico	R	A-11	HOCOCH ₂ CH ₂ COOH	99	4-5
Acido Sulfanilico	R	A-12	C ₆ H ₇ NO ₃ S	99.9	4-5
Acido Sulfosalicilico	R	A-13	2H ₄ OC ₆ -1-CO ₂ H-5-8O ₃ H		4-5
Acido Tanico	R	A-14	C ₁₄ H ₁₀ O ₉	99.7	4-5
Acido d- Tartarico	R	A-15	HOCO(CHOH) ₂ COOH	99.5	4-5
Acido Tricloro Acetico	R	A-16	CCl ₃ COO ₄		4-5
Alcanfor (industrial)		A-17	C ₁₀ H ₁₆ O		4-5
Antraceno	R	A-18	C ₁₄ H ₁₀		4-5
Antraquinona	R	A-19		99	4-6
Antrona	R	A-20	C ₁₄ H ₁₀ O	99	4-6
Amonio Acetato de	R	A-21	NH ₄ CH ₃ COO	100.1	4-6
Amonio Oxalato de	R	A-22	(COO) ₂ (NH ₄)H ₂ O		4-6
Bencidina	R	B-1	H ₂ NC ₆ H ₄ C ₆ H ₄ NH ₂	99	4-6
Bencidina, Dihidrocloruro de	R	B-2	(C ₆ H ₄) ₂ (NH ₂) ₂ ·2HCL		4-6
1-4 Benzoquinona	R	B-3	C ₆ H ₄ O ₂		4-6
Bifenilo	R	B-4	C ₅ H ₅ C ₆ H ₅	99.7	4-6
Carbon Activado	R	C-1	C		4-6
Carbon Animal	R	C-2			4-6
Carbon Barra	R	C-3		99	4-6
Cobre II Acetato de	R	C-4	Cu(CH ₃ COO) ₂ ·2H ₂ O	100.7	4-6
Cobalto Acetato de	R	C-5	(CH ₃ COO) ₂ CO·4H ₂ O	9.8	3-1
Dextrosa Anhidra	R	D-1	C ₆ H ₁₂ O ₆		3-1

1,4 Diclorobenceno	R	D-2	C ₆ H ₄ Cl ₂	99	3-1
4, Dimetilamino Benzaidehido	R	D-3		99.4	3-1
Dimetilglioxin	R	D-4	C ₄ H ₈ N ₂ O ₂		3-1
2,9- Dimetil- 1- 10- henantrolina	R	D-5	(CH ₃) ₂ C ₁₂ H ₆ N ₂ 5H ₂ O		3-1
2,4- Dinitrofenilhidrazina	R	D-6	(NO ₂) ₂ C ₆ H ₃ NHNH ₂	85	3-1
Ditizona	R	D-7	C ₆ H ₅ NHNHCSN: NC ₆ H ₅	99	3-1
EDTA, sal sodica	R	E-1	C ₁₀ H ₁₄ O ₈ N ₂ Na ₂ 2H ₂ O	99.4	3-1
EDTA, Acido Etilendinitro tetracetico	R	E-2	C ₁₀ H ₁₆ O ₈ N ₂		3-1
Etanoidal (ampolla)	R	E-3	C ₂ H ₅ SH		3-1
Extran Fest (detergente p/ equipo)		E-4			3-1
Fenantreno	R	F-1	C ₁₄ H ₁₀	99.5	3-1
1,10 Fenantralina (monohidratada)	R	F-2	C ₁₂ H ₈ N ₂ H ₂ O		3-1
P- Fenildiamina Diclorato de	R	F-3	C ₆ H ₁₀ Cl ₂ N ₂		2-1
Fenol (industrial)		F-4	C ₆ H ₅ OH		2-1
D- Fructosa	R	F-5	C ₆ H ₁₂ O ₆		2-1
Fushin Basico	R	F-6			
Fenol	R		C ₆ H ₅ OH	99.5	2-1
Glicina	R	G-1	NH ₂ CH ₂ COOH		2-1
Glicina Hidrocloruro de	R	G-2	NH ₂ CH ₂ COOH HCL		
D(+) Glucosa (monohidratada)(industrial)		G-3	C ₆ H ₁₂ O ₆ H ₂ O		
D(+) Glucosa (monohidratada)	R		C ₆ H ₁₂ O ₆ H ₂ O		2-1
Goma Arábica	R	G-4			2-1
Hidroquinona	R	H-1	(OH) ₂ C ₆ H ₄	99	2-1
8-Hidroxiquinolina	R	H-2	C ₉ H ₇ NO	99.8	2-1
Sulfato de hidrazina	R	H-4	N ₂ H ₆ SO ₄		2-1
Hidroxilamina Hidrocloruro de	R	H-3	NH ₂ OH HCL		2-1
INDICADORES					
NOMBRE	CAL.	COD.	FORMULA	PUREZA	UBICACION
Alizarina	R	I-1	PH 5.8-7.7		2-3
Amaranto	R	I-2			2-3
Anaranjado de Metilo	R	I-3	PH 3.1-4.4		2-3
Azul de Bromofenol	R	I-4	PH 3.0-4.6		2-3
Azul de Bromotimol	R	I-5	PH 6.0-7.6		2-3
Azul de Metileno	R	I-6			2-3
Azul de Timol	R	I-7	PH 1.2-2.8		2-3
Eozina Azulada	R	I-8			2-3
Eriocromo Negro T	R	I-9	C ₂₀ H ₁₂ N ₃ N ₉ O ₇ S		2-3
Fenolthaleina	R	I-10	C ₂₀ H ₁₄ O ₄ PH 8.0-10		2-3
Murexide	R	I-11			2-3
Orcein	R	I-12			2-3
Oxalato Verde de Malaquita	R	I-13			2-3
Purpura de Bromoeresol	R	I-14	PH 5.2-6.8		2-3
Rojo Cofohant	R	I-15			2-3
Rojo Congo	R	I-16	PH 3.0-5.2		2-3
Rojo de Cresol	R	I-17	PH 0.2-1.8		2-3
Rojo de Fenol	R	I-18	C ₆ H ₄ SO ₂ OC (C ₆ H ₄ -4OH) PH 6.4-8.2		2-3
Rojo de Metilo	R	I-19	PH 4.4-6.2		2-3
Safranina	R	I-20			2-3

Verde de Bromocresol	R	I-21	PH 3.6-5.4		2-3
Verde Brillante	R	I-22			2-4
Verde de Metilo	R	I-23	PH 0.1		2-4
Violeta cristal	R	I-24			2-4
Violeta de metilo	R	I-25			2-4
Xileno	R	I-26			2-4
Difenilamina sal sulfoacido bario	R	I-27			2-4
D (+) Lactosa (monohidratada)	R	L-1	$C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$	99	2-4
L(+) Lisina (monohidratada)	R	L-2	$C_6H_{15}CLN_2O_2$		2-4
D(+) Maltosa	R	M-1	$C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$		2-4
Naftaleno	R	N-1	$C_{10}H_8$	99	2-4
Naftilamina	R	N-2	$C_{10}H_9N$	99	2-4
Naftol	R	N-3	$C_{10}H_8O$	99	2-4
B- Naftol	R	N-4	$C_{10}H_7H$	99	2-4
Ninhidrina	R	N-5	$C_9H_6O_4$		2-4
Parafina (escamas industrial)		P-1		99	2-4
Pirocatecol	R	P-2		101.6	2-4
Plomo II Acetato de	R	P-3	$Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$	73	2-4
Plomo II Acetato de (basico)	R	P-4	$Pb(CH_3COO)_2$		2-4
Plomo su-Acetato de (industrial)		P-5		99.9	2-2
Potasio Acetato de	R	P-6	CH_3COOK	99.8	2-2
Potasio Biftalato Acido de	R	P-7	$KHC_8H_4O_4$	99.5	2-2
Di-Potasio Oxalato de (monohidratado)	R	P-8	$K_2C_2O_4 \cdot H_2O$		2-2
Potasio Sorbato de	R	P-8	$C_6H_7KO_2$	99	2-2
Potasio y Sodio Tartrato de	R	P-10	$C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$		2-4
Hidroxiacetato de Plomo	R	P-11	$(CH_3COO)_2Pb$		2-2
Quinhidrona	R	Q-1			
Resina de intercambio Ionico Cationica debil industrial – IRC-50, CH+		R-1			
Resina de Intercambio Ionico Cationica debil Industrial – IRC – 84, CH+		R-2			
Resina de Intercambio Ionico Cationica fuerte Industrial- IR-120 plus H		R-3			
Resine de Intercambio Ionico Anionica fuerte Industrial IRA-402, OH		R-4			
Resina de Intercambio Ionico Anionica debil Industrial IRA - 93				99	2-2
Resorcinol	R	R-6	$C_6H_4(OH)_2$		2-2
Rodamina	R	R-7			2-2
Riboflavin	R	R-8		99.9	2
Sacarosa	R	S-1	$C_{12}H_{22}O_{11}$	99.7	2
Sodio Acetato de	R	S-2	$CH_3COONa \cdot 3H_2O$		2
Sodio Citrato de (industrial)		S-3		99	2
Tri- Sodio Citrato de	R	S-4	$C_6H_5NO_3O_7 \cdot 2H_2O$		2
Sodio 2,4 - Dicloroindofenol	R	S-5	$O \cdot C_6H_2(Cl)_2$ NC_6H_4ONa		2
Sodio Glicinato de	R	S-6		98.8	2
Di-Sodio Oxalato de	R	S-7	$Na_2C_2O_4$		2
2Sodio Succinato de	R	S-8	$Na_2C_4O_4 \cdot 6H_2O$	99.4	2
Sodio Tartrato de	R	S-9	$Na_2 \cdot C_4H_4O_6 \cdot 2H_2O$		2

Sodio Laurilsulfato	R	S-10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3\text{Na}$	98	2
2,6- Tricloroquinona Cloramida	R	T-1	$\text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_3\text{NO}$		2
Tiourea		T-2	$(\text{NH}_2)_2\text{CS}$		2
Urea	R	U-1	NH_2CONH_2		2
Xilosa	R	X-1	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$		

ANEXO 2

TABLAS DE TRATAMIENTOS DE DESECHOS PELIGROSOS

Sustancias o compuestos que pueden eliminarse a través de la incineración tras el tratamiento previo.

<i>GRUPO ANALITICO</i>	<i>TRATAMIENTO</i>
Aldehídos	Absorber en vermiculita ó mezclar con un disolvente inflamable.
Alcalinos, alcalinotérreos, alquilos, alcóxidos.	Mezclar con Na ₂ CO ₃ , cubrir con virutas.
Clorhidrinas, nitroparafinas	Incinerar
Compuestos orgánicos halogenados	Absorber sobre vermiculita, arena o bicarbonato
Ácidos orgánicos sustituidos	Absorber sobre vermiculita y añadir alcohol, o bien disolver directamente en alcohol.
Aminas aromáticas	Absorber sobre arena y Na ₂ CO ₃ . Mezclar con papel o con un disolvente inflamable
Aminas aromáticas halogenadas, nitrocompuestos	Verter sobre NaHCO ₃ . Mezclar con un disolvente inflamable.
Aminas alifáticas	Mezclar con un disolvente inflamable
Fosfatos orgánicos y compuestos	Mezclar con papel, o arena y cal apagada
Disulfuro de carbono	Absorber sobre vermiculita y cubrir con agua. Incinerar. (Quemar con virutas a distancia)
Mercaptanos, sulfuros orgánicos	Mezclar con un disolvente inflamable
Eteres	Mezclar con un disolvente inflamable
Hidracinas	Mezclar con un disolvente inflamable
Hidruros	Quemar en paila de hierro
Hidrocarburos, alcoholes, cetonas, esteres	Mezclar con un disolvente inflamable
Amidas orgánicas	Mezclar con un disolvente inflamable
Ácidos orgánicos	Mezclar con un disolvente inflamable

Sustancias o compuestos recuperables.

GRUPO ANALITICO	TRATAMIENTO
Mercurio metal	Aspirar, cubrir con polisulfuro cálcico.
Compuestos de Mercurio	Disolver y convertirlos en nitratos solubles. Precipitarlos como sulfuros
Arsénico, bismuto, antimonio	Disolver en HCl y diluir hasta aparición de un precipitado blanco (SbOCl y BiOCl). Añadir HCl 6M hasta redisolución. Saturar con sulfhídrico. Filtrar, lavar y secar.
Selenio, telurio	Disolver en HCl. Adicionar sulfito sódico para producir SO ₂ (reductor). Calentar. (se forma Se gris y Te negro). Dejar en reposo (12h). Filtrar y secar.
Plomo, cadmio	Añadir HNO ₃ (Se producen nitratos). Evaporar, añadir agua y saturar con H ₂ S. Filtrar y secar.
Berilio	Disolver en HCl 6M, filtrar. Neutralizar (NH ₄ OH 6M). Filtrar y secar.
Estroncio, bario.	Disolver en HCl 6M, filtrar. Neutralizar (NH ₄ OH 6M). Precipitar (Na ₂ CO ₃). Filtrar, lavar y secar.
Vanadio	Añadir a Na ₂ CO ₃ (capa) en una placa de evaporación. Añadir NH ₄ OH 6M (pulverizar). Añadir hielo (agitar). Reposar (12h). Filtrar (vanadato amónico) y secar.
Disolventes halogenados	Destilar y almacenar.

ANEXO 3

CÁLCULOS PRÁCTICA DE MOHR.

Calculando la concentración de cloruros en la muestra en análisis.

Practica Actual.

N AgNO₃= 0.05 N

$$\% Cl^{-} = \frac{Vf (\text{corregido}) * N * eqCl^{-} * 100}{\text{PesodeMuestra (g)}}$$

$$\% Cl^{-} = ((0.019 \text{ lto} * 0.05 \text{ eqgr/lto} * 35.453) * 100) / (0.05 \text{ gr})$$

$$\% Cl^{-} = 67.36\%$$

Practica Propuesta.

$$N = \frac{\text{gr}_{NaCl} * 1000}{\text{mlAgNO}_3 * 58.4428}$$

$$N = 0.06 * 1000 / (13.6 \text{ ml} * 58.4428)$$

$$N = 0.075$$

$$\% Cl^{-} = \frac{Vf (\text{corregido}) * N * eqCl^{-} * 100}{\text{PesodeMuestra (g)}}$$

$$\% Cl^{-} = ((0.01 \text{ lto} * 0.075 \text{ eqgr/lto} * 35.453) * 100) / (0.04 \text{ gr})$$

$$\% Cl^{-} = 66.47\%.$$

Los cálculos anteriores nos reflejan resultados bastantes aproximados tanto para los datos recolectados en la práctica actual como para la práctica propuesta, con lo que se garantiza la reproducibilidad de la práctica propuesta, y que además de eso nos trae como beneficios la generación de un menor volumen total de desecho generado.

ANEXO 4

DESARROLLO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN DE PLATA Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA

Revista CUBANA de QUIMICA, Volumen XIV, N° 1, 2002.

J. de J. Pérez S., M. E. Carbajal A., A. R. Romero A.

**Sección de Química Analítica, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,
Universidad Nacional
Autónoma de México**

Introducción

En las reacciones químicas, generalmente se parte de reactivos que pasan por diversos procesos químicos para obtener productos útiles al hombre.

Dentro de estos procesos químicos, se obtienen, además del producto útil, residuos que la mayoría de las veces son contaminantes y que generalmente, son desechados sin ningún tratamiento previo que disminuya este carácter, esto es porque en general en el mundo no se sabe qué hacer con estos residuos.

En algunos países desarrollados, estos residuos cuando son tóxicos, se estabilizan para posteriormente ser desechados en lugares especiales para este fin.

Desafortunadamente en El Salvador, al igual que en otros países, la mayoría de los desechos que se obtienen en los procesos químicos son tirados sin

ningún tratamiento al mar, ríos o a lotes baldíos, lo cual provoca un daño grave al ambiente. Es por ello que es urgente que se desarrolle técnicas que, además de ser eficientes, sean económicas para el tratamiento de estos residuos.

Antecedentes

Desde siempre ha sido importante darle un manejo adecuado a los desechos generados en los laboratorios. Para el caso de los residuos de plata se encuentran reportados diversos métodos para la recuperación de plata a partir de estos residuos como el de Willbenks , quien convierte los residuos de plata a cloruro de plata para una posterior fusión con hidróxido de sodio; Hayes hace lo mismo usando carbonato de potasio para lograr la fusión; Dihel lleva a cabo la recuperación por medio de una electrodeposición, mientras que Hill y Bellows usan el ácido ascórbico como reductor. Foust recupera plata reduciendo el cloruro de plata con polvo de zinc en una solución diluida de ácido sulfúrico; Márquez desarrolla experimentalmente, en un mismo trabajo, la mayoría de los métodos mencionados, aunque en ningún método puede reportar el por ciento de recuperación, porque se parte de residuos cuyo contenido de plata es desconocido.

por consiguiente exponemos una metodología de recuperación de plata tomando como muestra a tratar el cloruro de plata, estos métodos se pueden aplicar a los sólidos obtenidos en las precipitaciones tanto en el método de Morh y Volhard

I. Recuperación de plata a partir de cloruro de plata mediante reacciones de oxido- reducción

Elaboración del cloruro de plata

Se forma cloruro de plata, el cual es la base para el desarrollo de todas las técnicas, mezclando 25 cc de solución de nitrato de plata de concentración 0,048 M con 15 cc de solución de cloruro de sodio de concentración 0,1M (se forma aproximadamente 0,173 g de sólido).

a) Medio ácido

Al cloruro de plata formado, se le agrega 5 cc de ácido sulfúrico 1:4, y se hace reaccionar con 0,3 g de polvo de zinc durante 5 min y con 0,15 g de hierro durante 5 min, respectivamente.

La justificación de las reacciones se hace en función de las escalas de predicción de reacciones redox (anexo) mostradas en la tabla 1. Los datos de los potenciales se obtuvieron del *Langes Handbook*.

En los dos casos, transcurrida la reacción, la solución se decanta y se lava el precipitado hasta que el agua decantada no forme cloruro de plata al agregar 5 gotas de solución de nitrato de plata 0,1 M.

b) Medio básico

Al cloruro de plata formado, como se mencionó anteriormente, se le agrega hidróxido de amonio 1:1 hasta su disolución completa (manteniendo cerrado el sistema). A la solución del complejo de plata con amoníaco, se le agrega 0,3 g de polvo de zinc y se deja reaccionar durante 5 min. Este mismo procedimiento se repite con 0,2 g de cobre metálico y con 6 cc de ácido ascórbico reducido 1 M (a este último reactivo se le ajusta el pH a 5).

La justificación de las reacciones se hace en función de las escalas de predicción de reacciones redox mostradas en la tabla 1 de este anexo

En los tres casos, la solución se decanta y se lava el precipitado hasta que el agua de lavado no forme cloruro de plata al agregar 5 gotas de solución de nitrato de plata 0,1 M.

Determinación del por ciento de recuperación de plata A la plata recuperada se le determina la pureza de la siguiente forma:

A la plata obtenida, se le agrega ácido nítrico 1:4; se calienta hasta disolución completa, la solución, a temperatura ambiente, se diluye con 25 cc de agua

destilada. Por medio de hidróxido de sodio, se fija el pH a 5,5; finalmente se valora potenciométricamente con cloruro de sodio 0,1 N, como se muestra en la figura 1 de este anexo.

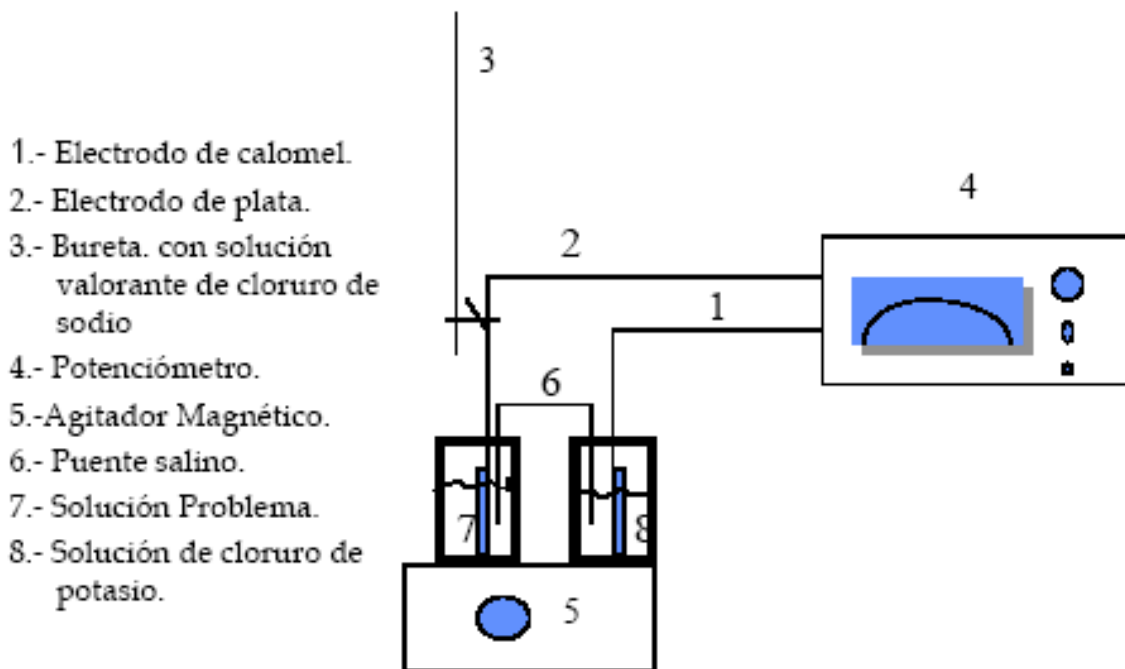


Fig. 1: Montaje utilizado para la determinación del por ciento de recuperación de la plata.

II Recuperación de plata por electrodeposición

a) Intensidad de corriente constante

Al precipitado de cloruro de plata (aprox. 0,173 g) se le ajusta el pH a 11 con hidróxido de sodio; se añade cianuro de potasio 2 M hasta la disolución total del sólido (por la presencia de cianuros se recomienda efectuar las reacciones en una campana de extracción y en ausencia de ácidos). A esta solución, se le introduce dos electrodos, previamente pesados (cátodo y ánodo) de acero inoxidable 304 de aproximadamente 16 cm²; se conectan a una fuente de poder y se aplica una intensidad de corriente de 0,05 A/dm² (figura 2 de este anexo). Esta reacción se continúa hasta que no se forme más depósito de plata (aproximadamente 6 h). Se sacan las placas de la solución. Previamente secado, se pesa el cátodo, determinando por diferencia con la pesada inicial, la cantidad de depósito de la

plata. La pureza de la plata obtenida se determina con cloruro de sodio a partir de la metodología descrita anteriormente.

b) Potencial controlado

Se mezcla 20 cc de nitrato de plata 0,09080 M con 20 cc de nitrato de cobre 0,1 M. En la solución se sumergen dos electrodos de acero inoxidable 304, previamente pesados, conectados a una fuente de poder. Para controlar el potencial del cátodo, se conecta éste a un potenciómetro Corning modelo 7, utilizando como referencia, un electrodo de calomel saturado, separado de la solución problema por medio de un puente salino, aplicando un potencial fijo de 0,2 V, respecto al electrodo de calomel (figura 3 de este anexo). El cátodo se seca y se pesa determinando, de esta manera, la cantidad de plata electrodepositada. La pureza de la plata obtenida se determina con cloruro de sodio por la metodología descrita anteriormente.

- 1.- Placa de acero inoxidable 304(cátodo)
- 2.- Placa de acero inoxidable 304(ánodo)
- 3.- Fuente de poder Lodstar Modelo PS-305
- 4.- Agitador magnético.

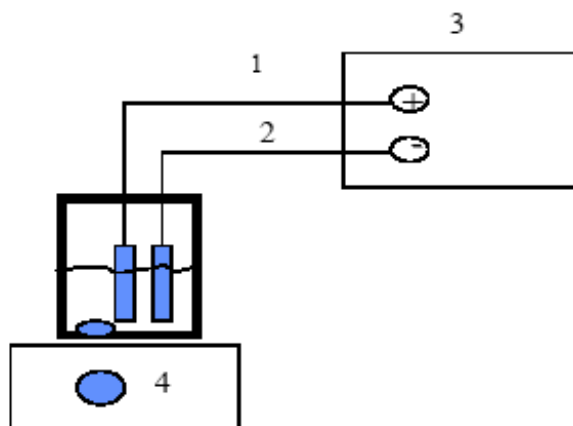
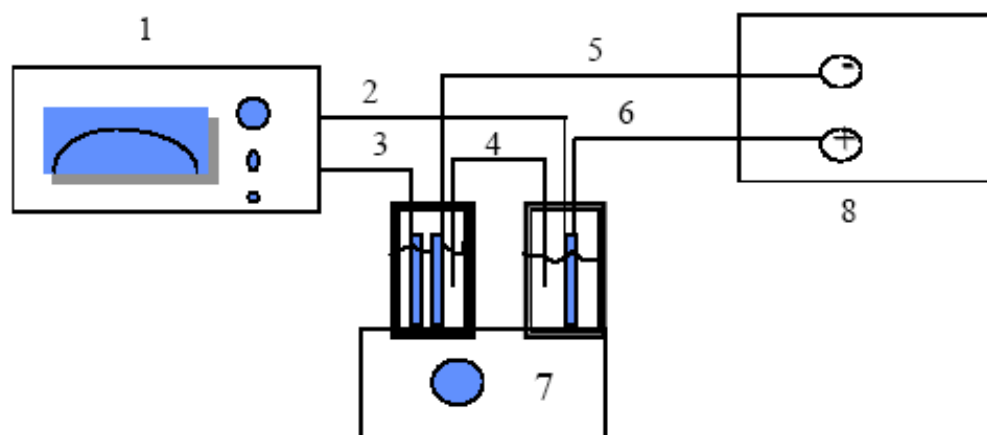


Fig. 2: Montaje experimental para electrodeposito de plata a intensidad de corriente constante.



- 1.- Potenciómetro corning modelo 7.
- 2.- Electrodo indicador de potencial, acero 304.
- 3.- Electrodo de referencia de calomel corning.
- 4.- Puente salino de agar.
- 5.- Ánodo de acero 304.
- 6.- Cátodo de acero 304.
- 7.- Agitador magnético.
- 8.- Fuente de poder lodstar modelo PS-305

Figura.3: Montaje experimental para el electrodeposición de plata a potencial controlado.

III. Fusión con hidróxido de sodio

El precipitado de cloruro de plata seco (3,58 g) se mezcla con una cantidad estequiométrica de hidróxido de sodio. La mezcla seca, se somete a calentamiento (960 °C) por una hora; el líquido formado (Ag^0), se vacía en un molde. La pureza de la plata obtenida se determina con cloruro de sodio siguiendo la metodología descrita anteriormente.

TABLA 1: ESCALAS DE PREDICCIÓN DE REACCIÓN UTILIZADAS EN LA RECUPERACIÓN DE PLATA POR REACCIONES REDOX

TÉCNICA	ESCALA
Zn ⁰ EN MEDIO ÁCIDO H ₂ SO ₄	<p style="text-align: center;">$\Delta E^0 = 0.98 \text{ V}$</p>
Fe ⁰ EN MEDIO ÁCIDO (H ₂ SO ₄)	<p style="text-align: center;">$\Delta E^0 = 1.24 \text{ V}$</p>
Zn ⁰ EN MEDIO BÁSICO (NH ₄ OH)	<p style="text-align: center;">$\Delta E^0 = 1.416 \text{ V}$</p>
Cu ⁰ EN MEDIO BÁSICO (NH ₄ OH)	<p style="text-align: center;">$\Delta E^0 = 0.496 \text{ V}$</p>
ÁCIDO ASCÓRBICO pH= 5	<p style="text-align: center;">$\Delta E^0 = 0.099 \text{ V}$</p>
POTENCIAL CONTROLADO	<p style="text-align: center;">$\Delta E^0 = 0.6 \text{ V}$</p>

TABLA 2: POR CIENTO DE RECUPERACIÓN DE LA PLATA DE ACUERDO CON LA METODOLOGÍA

MEDIO	% de Ag recuperado	$\Delta E(V)$	Costo en dólares $\cdot 10^{-3}$	Tiempo del proceso	REACCIÓN
ÁCIDO CON Zinc	96,92	0,98	52	30 min	$2 \text{ AgCl}(s) + \text{Zn}^0 \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{Ag}^0 + 2\text{Cl}^-$
ÁCIDO CON Hierro	96,32	1,24	50	40 min	$2 \text{ AgCl}(s) + \text{Fe}^0 \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{Ag}^0 + 2\text{Cl}^-$
BÁSICO CON Zinc	92,93	1,416	82	40 min	$2\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{Zn}^0 \rightleftharpoons 2\text{Ag}^0 + \text{Zn}(\text{NH}_3)_4^+$
BÁSICO CON Cobre	88,17	0,496	84	13 hrs	$2 \text{ AgCl}(s) + \text{Cu}^0 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}^0 + 2\text{Cl}^-$
ÁCIDO ASCÓRBICO	87,23	0,099	111	45 min	$2\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{C}_6\text{O}_6\text{H}_{10} \rightleftharpoons 2\text{Ag}^0 + \text{C}_6\text{O}_6\text{H}_6 + 2\text{NH}_4^+$
POTENCIAL CONTROLADO.	98,01	0,6	42	7,5 hrs	$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}^0$
ELECTRODEPOSITO.	91,11		42	6 hrs	$\text{Ag}(\text{CN})_2^- + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}^0 + 2\text{CN}^-$
FUSIÓN CON HIDRÓXIDO DE SODIO	91,78		1	2,5 hrs	$2\text{Ag}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{Ag}^0 + \text{O}_2$

ANEXO 5

CÁLCULOS PRÁCTICA DE VOLHARD

Calculando la concentración de cloruros en la muestra en análisis.

Practica Actual.

AgNO₃ = 0.05 N

$$N_{KSCN} = \frac{gr - AgNO_3 * 1000}{mlKSCN * PMAgNO_3}$$

$$N_{KSCN} = \frac{8.49 gr * 1000}{22 ml * 169.875}$$

$$N_{KSCN} = 2.27$$

$$\% Cl^- = \frac{V_{AgNO_3 \text{ exceso}} \times N_{AgNO_3} - V_{KSCN \text{ gastado}} \times N_{KSCN}}{Alicuota_{Mx}} \times 100$$

$$\% Cl^- = \frac{10 \times 0.05 - 5 \times 2.274}{25} \times 100$$

$$\% Cl = 0.5147$$

Practica Propuesta.

$$N_{KSCN} = \frac{gr - AgNO_3 * 1000}{mlKSCN * PMAgNO_3}$$

$$N = 0.17 * 1000 / (6.6 ml * 169.875)$$

$$N = 0.1516$$

$$\% Cl^{-} = \frac{V_{AgNO_3 \text{ exceso}} \times N_{AgNO_3} - V_{KSCN \text{ gastado}} \times N_{KSCN} \times \text{milieq}_{Cl^{-}}}{\text{Alicuota}_{Mx}} \times 100$$

$$\% Cl^{-} = \frac{10 \times 0.01 - 0.2 \times 0.1516}{5} \times 0.35453 \times 100$$

$$\%Cl = 0.4941$$

Como podemos observar los resultados de los porcentajes obtenidos en ambas prácticas son similares con lo que se garantiza la reproducibilidad de la práctica propuesta por equipo de trabajo, además podemos observar que se necesitan menores cantidades de reactivos para efectuar la práctica y por consiguiente hay una considerable reducción de desechos.

ANEXO 6

CÁLCULOS PRÁCTICA ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO DE SULFATOS

Cálculos:

PRACTICA ACTUAL

$$\%SO_4^{2-} = \frac{(W_2 - W_1) \times FG \times 100}{W_3}$$

$$\%SO_4^{2-} = ((64.70 \text{ gr} - 64.5 \text{ gr}) \times 0.411376) / (0.20 \text{ gr}) * 100$$

$$\%SO_4^{2-} = 41.13$$

PRACTICA PROPUESTA

$$\%SO_4^{2-} = \frac{(W_2 - W_1) \times FG \times 100}{W_3}$$

$$\%SO_4^{2-} = ((64.86 \text{ gr} - 64.7 \text{ gr}) \times 0.411376) / (0.15 \text{ gr}) * 100$$

$$\%SO_4^{2-} = 43.88$$

Los cálculos anteriores nos reflejan resultados bastantes aproximados tanto para los datos recolectados en la práctica actual como para la práctica propuesta, con lo que se garantiza la reproducibilidad de la practica propuesta, y que además de eso nos trae como beneficios la generación de un menor volumen total de desecho generado.

ANEXO 7.

CALCULOS DE LA PRÁCTICA DETERMINACION DE DUREZA.

Se calculo la cantidad de miligramos/litro (f) de CaCO_3 tanto con las cantidades utilizadas actualmente como con las cantidades reducidas propuestas, y poder analizar las concentraciones que genera cada practica.

$$\text{Factor (f) mgs/ml CaCO}_3 = \frac{V_s \text{ ln calcio} * \text{mg / ml} _{\text{CaCO}_3}}{V_{\text{EDTA}}}$$

Para cantidades utilizadas actualmente de reactivos en la práctica:

La obtención de los miligramos/ml de CaCO_3 se obtiene de la solución de calcio preparada en la parte de los reactivos.

$$1 \frac{\text{gr CaCO}_3}{\text{lto}} * \frac{1 \text{ lto}}{1000 \text{ ml}} * \frac{1 \times 10^3 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ gr CaCO}_3} = 1 \frac{\text{mg CaCO}_3}{\text{ml}}$$

Luego:

$$\text{Factor (f) mgs/ml CaCO}_3 = \frac{25 \text{ ml} * 1 \text{ mg / ml} _{\text{CaCO}_3}}{33.7 \text{ ml}}$$

$$\text{Factor (f) mgs/ml CaCO}_3 = 0.7418 \text{ mg/ml CaCO}_3$$

Para cantidades de reactivos de la práctica propuesta:

$$\text{Factor (f) mgs/ml CaCO}_3 = \frac{10 \text{ ml} * 1 \text{ mg / ml} _{\text{CaCO}_3}}{16.5 \text{ ml}}$$

$$\text{Factor (f) mgs/ml CaCO}_3 = 0.6061 \text{ mg/ml CaCO}_3$$

El cálculo de la dureza para ambas prácticas viene dado por la siguiente ecuación:

$$\text{p.p.m CaCO}_3 = \frac{V_{EDTA} * f * 1000}{50}$$

Calculo para práctica actual:

$$\text{p.p.m CaCO}_3 = \frac{16.5 \text{ ml} * 0.7418 \text{ mg / ml} * 1000}{50 \text{ ml}}$$

$$\text{p.p.m CaCO}_3 = 244.79 \text{ mg/lto}$$

Calculo para práctica propuesta:

$$\text{p.p.m CaCO}_3 = \frac{4 \text{ ml} * 0.6061 \text{ mg / ml} * 1000}{10 \text{ ml}}$$

$$\text{p.p.m CaCO}_3 = 242.44 \text{ mg/lto}$$

Por medio de los cálculos anteriores podemos observar que la concentración de CaCO₃ es muy similar tanto para la práctica actual como para la propuesta no hay una desviación grande en el resultado, por lo que podemos decir que la práctica es reproducible con los nuevos datos propuestos; lo anterior es muy beneficioso ya que no afecta los resultados finales y nos genera un menor volumen total de desecho generado.

ANEXO 8.

**BITÁCORA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE DESECHOS
GENERADOS.**

GENERACION DE DESECHOS				
Fecha de almacenamiento	Procedencia	Responsable	Descripción	Cantidad generada