

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades.
Departamento de Ingeniería Química



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS LIQUIDOS DE
UN LABORATORIO QUÍMICO-AGRICOLA

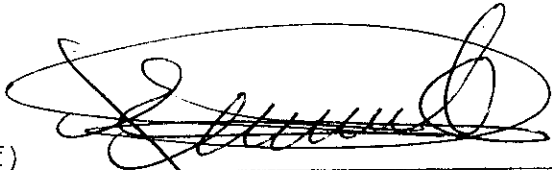
MONICA ISABEL MALDONADO GOMEZ

Trabajo de Graduación para optar al grado académico de
Ingeniera Química en grado de Licenciado.

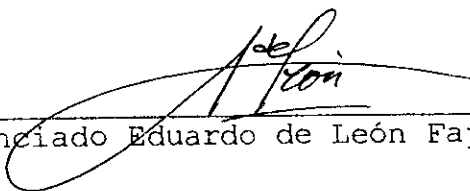
Guatemala 1996

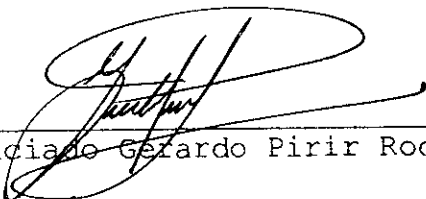
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS LIQUIDOS DE
UN LABORATORIO QUÍMICO-AGRICOLA

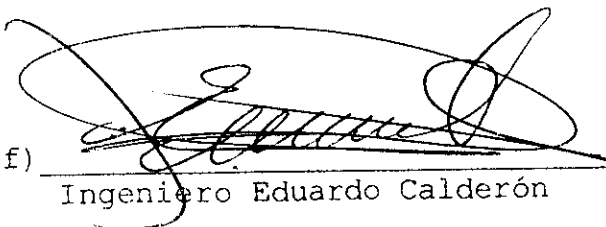
Vo.Bo.:

(f) 
Ingeniero Eduardo Calderón
Aseñor

Tribunal:

(f) 
Licenciado Eduardo de León Fajardo

(f) 
Licenciado Gerardo Pirir Rodríguez

(f) 
Ingeniero Eduardo Calderón

Fecha de aprobación: 4 de julio de 1996.

A Dios, por darme fortaleza.

A mi mamá, por apoyarme estos años.

A mi hermano, por seguir su ejemplo.

A mis amigos, con quienes compartí sueños
y tristezas.

RESUMEN

El tratamiento de desechos líquidos de un laboratorio químico-agrícola se puede realizar de una forma efectiva y segura mediante el seguimiento de etapas establecidas: identificación, clasificación, segregación y disposición.

Los contaminantes se logran reducir en 90-95% mediante precipitación química. La inversión que se requiere es de Q. 90,734.00, que se puede recuperar incorporando el rubro de manejo de muestra al precio de los análisis de laboratorio.

Contar con un sistema de tratamiento de desechos sitúa a la empresa en una ventaja competitiva frente a otras de la misma categoría, frente a regulaciones nacionales e internacionales a entrar en vigencia a corto plazo, además de contribuir al mejoramiento del medio ambiente.

CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	5
A. Aspectos generales	5
B. Concepto de desecho	5
C. Aspectos técnicos	8
D. Evaluación de tecnologías	9
1. Tratamiento físico	13
2. Tratamiento químico	14
3. Tratamiento biológico	16
4. Tratamiento térmico	19
E. Lineamientos generales para un sistema de desecho que incluye buenas prácticas para un laboratorio	20
1. Organización para el manejo de desechos	23
2. Clasificación de reactivos	24
3. Recuperación, reciclaje, reuso	25
4. Intercambio de químicos	27
F. Legislación nacional	29
III. JUSTIFICACION	31
IV. OBJETIVOS	33
A. Generales	33
B. Específicos	33
V. PROBLEMA A RESOLVER	37
VI. METODOLOGÍA	37

VII.	RESULTADOS	39
	A. Tablas de resultados	39
	B. Diseño del proceso	42
	1. Neutralización	42
	2. Precipitación química	47
	3. Clarificación	51
	4. Dilución	51
	5. Secado de lodos	52
	6. Disposición de lodos	53
	C. Diseño del equipo	54
	1. Neutralización / precipitación	54
	2. Clarificador	56
	3. Tanque de dilución	56
	4. Campana de extracción de gases	57
	5. Secado	57
	6. Cementado de lodos	58
VIII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
IX.	CONCLUSIONES	69
X.	RECOMENDACIONES	71
XI.	BIBLIOGRAFÍA	73
	APÉNDICES	
	A. Clasificación de desechos peligrosos, según la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA).	75
	B. Desecho en el sistema de drenaje del laboratorio.	79

C.	Listado de reactivos utilizados en el laboratorio. Clasificación y forma de desecho sugerida.	85
D.	Compatibilidad de corrientes de desechos del laboratorio químico-agrícola.	89
E.	Cantidad desechada actualmente de cada tipo de químico en cada corriente.	91
F.	Cálculo del costo y operación del equipo para el tratamiento del efluente del laboratorio químico-agrícola.	93
G.	Lineamientos generales para un sistema adecuado de desechos de un laboratorio.	95
H.	Cotización del equipo.	101
I.	Reglamento de Requisitos Mínimos y sus máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas.	103
J.	Glosario.	115

LISTADO DE TABLAS Y GRAFICAS

Tabla	Página
2.1 Procesos recomendados para tratamiento de desechos Líquidos y gaseosos	12
7.1 Listado de mezclas de reactivos en los desechos líquidos del laboratorio químico-agrícola y análisis que la generan.	39
7.2 Características de los desechos generados.	40
7.3 Volúmenes de desechos líquidos generados por el Laboratorio químico-agrícola.	40
7.4 Tratamientos sugeridos para los desechos.	41
7.5 Frecuencia de disposición.	46
7.6 Consumo aproximado de químicos para tratamiento de desechos.	50
7.7 Remoción esperada del contaminante.	51
7.8 Resumen de gastos	60
B.1 Toxicidad relativa de los cationes.	82
B.2 Toxicidad relativa de los aniones.	83
D.1 Incompatibilidad de corrientes de desechos del Laboratorio químico-agrícola.	89
E.1 Cantidades desechadas actualmente de cada tipo de químico en cada corriente.	91

LISTA DE FIGURAS

7.1 Disposición del equipo para tratamiento de desechos	59
--	----

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación industrial es uno de los principales contribuyentes para la contaminación ambiental. Las industrias generan sus productos sin tomar en cuenta el tipo ni la cantidad de desechos que se crean, los cuales se acumulan en forma inadecuada y sin ningún tipo de control.

Hace algunos años, solamente algunas empresas de determinadas industrias se preocupaban por la disposición de sus desechos, actualmente la situación es diferente. Uno de los principales factores que han aumentado el interés en desarrollar técnicas de tratamientos de desechos ha sido la legislación, un mejor entendimiento de los procesos y de la interacción de los desechos con el medio ambiente, tomando en cuenta además factores técnicos, legales, económicos y sociales, que son los que determinan la actitud de la empresa frente a un problema de este tipo.

Se entiende por contaminación a la presencia de sustancias no deseadas o en cantidades no permitidas en material dado.

Un tipo de contaminación ambiental son los desechos industriales, los cuales se pueden clasificar en: sólidos, líquidos y del aire.

Actualmente los ingenieros están mejor capacitados para el estudio y desarrollo de los procesos que para el tratamiento o disminución de los desechos de los mismos, por lo que es más difícil que en la realización de un proyecto se encuentre contemplada la máxima reducción de los desechos generados en el proceso o un tratamiento adecuado de los mismos.

A consecuencia de este fenómeno y de la falta de regulación y legislación en este sentido, los desechos industriales han sido vertidos o puestos en cuerpos receptores no adecuados para este propósito, creando un desequilibrio en el medio ambiente.

En un esfuerzo por equilibrar nuevamente se han definido políticas ambientalistas, así como regulaciones pertinentes a los diferentes tipos de desechos, comenzando como una tendencia mundial, cada país se ha involucrado más en este

proceso. Guatemala no ha sido la excepción, aunque no se cuenta con un sistema de control completo, se cuenta con un primer Reglamento de requisitos mínimos y máximos permisibles para las descargas de aguas servidas, que forma parte de las regulaciones derivadas del decreto No. 68-86 (Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente). La entidad nacional encargada de velar por el cumplimiento de estas regulaciones es la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

Como se dijo anteriormente, esta regulación no es completa y no contempla dentro de ella la descarga de aguas servidas de laboratorios. Es importante notar también que esta regulación nacional se encuentra en revisión.

Derivada de esta corriente ambientalista, la tendencia es darle importancia a la disposición y el tratamiento adecuado de los desechos que generen los procesos de la industria guatemalteca. Basado en esta necesidad, el presente trabajo hace un análisis para determinar cuáles son y en qué cantidades se encuentran los contaminantes de los desechos líquidos de un laboratorio químico-agrícola y la mejor forma

de disponer de ellos. Comúnmente en este tipo de laboratorios se manejan ácido minerales, sales inorgánicas y algunos metales pesados.

Como un complemento del análisis, se presenta también el diseño de un equipo para la disposición adecuada de los mismos, que forma parte de un sistema integral de manejo de desechos, el cual se recomienda implementar.

El análisis se hace sobre los procesos como son efectuados actualmente, sin contemplar la posibilidad de modificarlos, ya que generalmente se utilizan metodologías oficiales de análisis. Sin embargo, es conveniente considerar procedimientos alternativos, los cuales se mencionan en la sección de recomendaciones y la decisión para la utilización o no de los mismos dependerá de las gerencias involucradas del laboratorio químico-agrícola. Como se mencionó también, la legislación nacional vigente no contempla la descarga de aguas servidas provenientes de laboratorios, por lo que para el presente trabajo se toman como referencia algunos de los lineamientos recomendados por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA).

II. ANTECEDENTES

A. Aspectos generales

Antes de decidir la forma de disposición de los desechos, se necesita tener un enfoque general de los aspectos que involucra para poder evaluar las opciones de tratamiento, la mejor forma de manejarlos efectivamente, evaluación de tecnologías y principales obstáculos para ponerlas en práctica.

Para dar el tratamiento adecuado a los desechos se debe entender primero por qué es un desecho:

B. Concepto de desecho

- El material ya no es útil para el uso destinado ya sea porque está sucio, fuera de especificación o porque es el residuo de un derrame.
 - Es un subproducto no esperado o inservible.
 - Producto de un tratamiento anterior (1).
- Un material no útil, no es un desecho hasta que se decide descartarlo.

La primera opción que se considera es si el material será reciclado o recuperado para un nuevo uso. Es necesario determinar si el material es peligroso o no para lo que se pueden consultar las características contempladas por la EPA (Anexo B).

Cuando ya se tiene la generación de un desecho, la primera interrogante es si es posible alterar el proceso para disminuir, modificar o eliminar la forma de desecho. Usualmente esto es tarea del ingeniero o encargado del proceso y de las especificaciones que se tienen acerca del mismo.

La siguiente interrogante es definir el mejor manejo disponible y accesible para los desechos. En este aspecto también se debe considerar si es posible darle tratamiento dentro de las instalaciones de la planta, o bien fuera de la misma, enviándolos a sitios especializados comerciales o gubernamentales. Como un dato útil para aproximaciones, la EPA estima que aproximadamente 80% de los desechos tóxicos que se generan en los Estados Unidos son tratados o dispuestos dentro de la planta donde se originan.

Los factores a considerar para tomar la decisión de disponer de los desechos dentro o fuera de la planta son:

1. Se debe tener control total de los desechos generados.
2. Se debe contar con los suficientes recursos físicos y técnicos.
3. El costo de operación del sistema de control.
4. Tradición de manejo (siempre se ha hecho de tal forma...), cuando exista.

Los factores para un tratamiento fuera de la planta podrían ser:

1. Falta de recursos físicos y técnicos propios.
2. No es parte de las políticas de la empresa el tratamiento dentro de la planta.
3. Tradición.

Otra de las consideraciones importantes en la decisión de tratamiento en la planta, es de la calidad y disponibilidad de estos servicios. Si existe este tipo de servicio, si las legislaciones permiten el traslado de los desechos y si se les dará el tipo de tratamiento requerido.

Para determinar el tipo de tratamiento que se va a utilizar, este se tiene que adoptar como política propia de

la empresa dando así el respaldo necesario para la práctica a utilizar ya sea dentro de la misma o fuera de ésta(1).

C. Aspectos técnicos

Para el análisis del tratamiento de cada efluente, se deben considerar todas las posibilidades técnicas identificando los límites y el grado de aceptación dentro de la compañía, proveyendo un análisis detallado con todas las ventajas y desventajas técnicas, así como el cumplimiento de las regulaciones locales. Con esta información se puede determinar la factibilidad técnica y económica del tratamiento.

Generalmente se tienen las siguientes opciones generales:

- Modificación del proceso. Evaluar optimización y modificación.
- Destrucción del desecho. Con el aislamiento y disposición de los residuos (cenizas o lodos).
- Reducción del desecho. Seguido del aislamiento y disposición de los residuos.
- Aislamiento de desecho. Que significa casi siempre disposición en un relleno seguro o inyección en un pozo.

En cualquiera de estos criterios se debe recordar que se tiene un grado de dispersión del contaminante, ya que no se logra la eliminación total del mismo.

Esta dispersión incluye el control de la emisión de los gases de chimenea, la descarga de efluentes tratados en aguas superficiales o fugas de los pozos.

D. Evaluación de tecnologías

Después de haber tomado las decisiones anteriores es necesario evaluar las tecnologías disponibles. Para tener una idea general se describen a continuación ampliándolas posteriormente. Las principales son:

1. Tratamiento físico. Procesos que alteran los componentes tóxicos por medio de concentración o cambio de fase, a una forma más conveniente para adelante procesarlo o desecharlo.

2. Tratamiento químico. Procesos que alteran los componentes tóxicos por medio de reacciones químicas para adelante procesarlo o desecharlo. En casos excepcionales

los productos son aún tóxicos, aunque en una forma más conveniente.

3. Tratamiento biológico. Técnicamente es un tratamiento químico, pero clasificado por aparte ya que es ampliamente aplicado para tratamiento de aguas de desecho, con desechos tóxicos y no tóxicos (1).

4. Tratamiento térmico. Utilizan altas temperaturas como el principal mecanismo para la destrucción de desechos (también incluyen reacción química).

5. Fijación/ encapsulamiento. Proceso por el cual los desechos son reducidos por inmovilización.

Es importante notar nuevamente que aunque se utilice un proceso de alta tecnología, se tendrán al final residuos dispuestos a tratamiento.

Además siempre hay un porcentaje de los desechos que no se pueden tratar en la forma en que son generados, ya que pueden significar un riesgo mayor. Una alternativa para este

tipo de desecho es la de enviarlos a un relleno sanitario, de la forma más adecuada posible y no eliminarlos sino solamente confinarlos.

Algunos procesos tienen el potencial para el manejo de desechos tóxicos, aunque existen limitaciones técnicas que restringen la elección de una tecnología en especial.

Generalmente en un efluente no se encuentra un único contaminante y cada uno de los contaminantes presentes tendrán propiedades físicas y químicas diferentes, donde un tratamiento puede servir para eliminar un contaminante principal sin eliminar un secundario. En segundo lugar muchos procesos de disposición demandan condiciones exactas en la alimentación del mismo, el cual puede no ser práctico.

Tabla 2.1

Procesos recomendados para tratamiento de desechos líquidos y gaseosos

Proceso	Función	Tipo de desecho	Forma de desecho
Tratamiento físico			
Carbón activado	Se, RV	1,2,3,4,5	L,G
Evaporación	Se, RV	1,2,5	L
Filtración *	Se, RV	1,2,3,4,5	L,G
Sedimentación	Se, RV	1,2,3,4,5	L
Lavado por vapor	Se, RV	1,2,3,4	L
Tratamiento químico			
Calcinación	RV	1,2,5	L
Neutralización*	De	1,2,3,4	L
Precipitación*	Se, RV	1,2,3,4,5	L
Tratamiento térmico			
Incineración*	De, RV	3,5,6,7,8	S,L,G
Tratamiento biológico			
Filtros de goteo	De	3	L

Clave de abreviaciones:

* Tecnologías más comunes utilizadas para tratamiento de desechos peligrosos.

RV Reducción de volumen.

De Detoxificación

Se separación.

Forma de desecho:

L Líquido.

G Gas.

Tipos de desecho:

1 Químicos inorgánicos sin metales pesados

2 Químicos inorgánicos con metales pesados

3 Químicos orgánicos sin metales pesados

4 Químicos orgánicos con metales pesados

5 Radiológicos

6 Biológicos

7 Inflamables

8 Explosivos

1. Tratamiento físico. Las tecnologías para el tratamiento físico de desechos son variadas. Pueden ser utilizadas por separado o en conjunto con otros procesos.

Este tratamiento se utiliza para reducir el volumen del material para un proceso posterior o su disposición. Los procesos comunes en este tipo de tratamiento son:

a) Separadores líquido / sólido. Incluyen los tanques sedimentadores por gravedad, clarificadores, unidades de flotación o espuma y filtros. Algunas veces los lodos que generan estas unidades se consideran peligrosos, y aunque se elimine el agua mecánicamente (por vacío, centrífugas o prensas) son enviadas a un relleno sanitario.

b) Procesos de equilibrio vapor / líquido. Se puede utilizar destilación y evaporación para separar el efluente contaminado en dos o más componentes, uno de los cuales presenta la mayor parte de las impurezas.

c) Burbujeo. Se aplica a corrientes con trazas de contaminantes. Por ejemplo, burbujeo de aire en aguas contaminadas con trazas de solventes volátiles.

d) Sistemas de adsorción, con carbón o con resinas. Estas se utilizan comercialmente para tratamiento de efluentes con bajas concentraciones de componentes tóxicos.

e) Procesos de membrana - ultra filtración, ósmosis inversa, diálisis y electro diálisis. Tienen numerosas aplicaciones para desechos no tóxicos y teóricamente pueden funcionar también para tóxicos aunque no se logra llegar a los límites de las regulaciones por lo que no es muy utilizado para los desechos tóxicos (4,14,16).

2. Tratamiento químico. El principal objetivo del tratamiento químico es la destrucción de los componentes peligrosos de una corriente o su conversión a una forma más conveniente para su tratamiento o disposición posterior.

Como se involucran reacciones de reactivos específicos a condiciones específicas, estos procesos son utilizados casi siempre cuando sólo una sustancia está presente en el desecho (o varias de carácter químico similar). Cuando se aplica un tratamiento químico a una corriente con composición mixta puede haber interferencia de otras sustancias, por ejemplo,

reacciones laterales o subproductos no deseados o peligrosos.

Las reacciones esperadas también pueden ser bloqueadas por impurezas (e.g. destrucción catalítica).

El tratamiento químico más común es el proceso de neutralización.

Puede realizarse mediante la mezcla de dos o más productos de desecho: desechos ácidos y desechos básicos, o bien por el uso de un producto químico específico.

Frecuentemente se utiliza la precipitación en conjunto con el proceso de neutralización para la remoción de algunos contaminantes al mismo tiempo que se realiza la neutralización.

Por ejemplo, el cobre soluble en una solución ácida puede ser precipitado efectivamente al subir el pH ligeramente del neutral. Los sulfuros son utilizados para remover los metales pesados, cal o cloruro de calcio son utilizados para remover fluoruros.

Para la remoción de metales también se utilizan procesos electroquímicos.

Para algunos desechos peligrosos se pueden aplicar procesos de oxidación o reducción. Generalmente estos procesos son usados solamente con soluciones diluidas por el alto costo de los químicos. Una de las desventajas de este tipo de procesos es que las reacciones no se dan completamente a menos que sean llevadas bajo condiciones precisas y específicas, los subproductos pueden ser peligrosos también. Algunos químicos oxidantes que han sido propuestos para tratamiento de desechos peligrosos son cloro, dióxido de cloro, peróxido de hidrógeno, ozono y permanganato (4,14,16).

3. Tratamiento biológico. En el tratamiento biológico, bacterias y otros microorganismos degradan y metabolizan los materiales orgánicos solubles y coloidales por lo que reducen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Por lo general se realiza de forma anaeróbica.

Entre los principales tratamientos biológicos se encuentran:

a) Lodos activados. Reducen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) soluble y total incluyen sólidos suspendidos. Requieren de disposición de exceso de lodos. El proceso de lodos activados remueve ciertos orgánicos con eficiencias de 95% o más. Algunos contaminantes que pueden ser biodegradados hasta un 95% incluyen nitrobenceno, 2,4-diclorobenceno, 2,4-dinitrobenceno, benzidina, acroleína, acrilonitrilo, fenol, pentaclorofenol, fenantreno y naftaleno. Hay ciertos compuestos que se pueden eliminar por burbujeo como benceno, 1,2-diclorobenceno y hay otros que se pueden eliminar sólo por burbujeo pero con el problema que estos gases no se pueden eliminar en la atmósfera. Algunos compuestos son prácticamente destruidos por un sistema de lodos activados, como por ejemplo el cianuro y el fenol (debajo de los niveles inhibidores). Los compuestos orgánicos que son biodegradables son fácilmente tratados. Una limitación en esta tecnología es la bioadsorción (adsorción de materiales en la biomasa celular). Esta adsorción no necesariamente destruye, altera o metaboliza estos materiales, solamente son aceptados por la biomasa celular. De esta forma, el procesamiento y

disposición posterior del lodo de tratamiento requiere planeamiento cuidadoso por su potencial de desprender los constituyentes adsorbidos.

b) Filtros de goteo. Son reactores en donde una capa de microorganismos oxidan el agua de desecho. Los de alta tasa reducen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 60-85%, con cargas altas de material orgánico reducen de 50-60%. Son tan eficientes como los lodos activados aunque son mucho más pequeños y utilizan mucho menos energía, presentan mayor sensibilidad a variaciones en la demanda bioquímica de oxígeno.

c) Digestión anaeróbica. En un reactor cerrado se remueven eficientemente orgánicos solubles y coloidales de corrientes concentradas y se reducen el nitrógeno nítrico a gas nitrógeno. Puede remover de 70-90% de la DBO.

Los orgánicos solubles son convertidos en ácidos volátiles y ácidos de fermentación luego a metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). El proceso de contacto es similar a los lodos activados y produce menos lodos que éstos.

El pH óptimo de operación es entre 6.5-8.5

Los procesos biológicos han sido utilizados satisfactoriamente para varios desechos orgánicos, ya sean desechos peligrosos o no peligrosos. Una vez los contaminantes no se encuentren en un nivel inhibitor, se pueden alcanzar excelentes resultados.

Comercialmente se han utilizado varios sistemas biológicos para el tratamiento de desechos, aeróbicos, anaeróbicos, facultativos o combinaciones. Las descripciones de estos sistemas y sus parámetros de funcionamiento, pueden encontrarse en textos de ingeniería sanitaria (4).

4. Tratamiento térmico. La incineración se ha convertido en la elección favorita para la disposición de los desechos peligrosos porque la mayoría de materiales orgánicos son destruidos eficientemente. En muchos casos donde existen materiales orgánicos, la incineración es la mejor opción por ahora.

La mayoría de desechos pueden ser destruidos casi completamente (eficiencias del 99.99%) por oxidación a alta temperatura. Algunos productos de oxidación, tales como los óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), ácido clorhídrico (HCl) y óxidos metálicos pueden ser nocivos, por esto los incineradores deben estar diseñados apropiadamente para proveer condiciones necesarias y llevar a cabo la oxidación completa: una carga de aire en exceso del requerimiento estequiométrico, mezcla adecuada del aire y el desecho y temperatura suficientemente alta para la completa oxidación en el tiempo requerido. Estos requerimientos son designados frecuentemente por las tres T de incineración: temperatura, turbulencia y tiempo (1).

E. Lineamientos generales para un sistema de desecho que incluye buenas prácticas de desechos de un laboratorio.

Los sistemas de desechos para laboratorios varían de los sistemas de desechos de las industrias tanto en la cantidad como en la diversidad de los mismos. En la industria se desechan grandes cantidades de una o más sustancias presentes, mientras que en un laboratorio las cantidades no

son tan grandes, pero la diversidad de sustancias presentes es mucho mayor.

Es por esta y otras características, que existen diferencias en el detalle de los sistemas de tratamientos de desechos de laboratorios y de las industrias.

Además se pueden observar diferencias en los sistemas pero depende del tamaño y complejidad de diferentes laboratorios, aunque con ciertas características comunes.

Existen cuatro elementos que son esenciales para cualquier sistema de manejo de desechos de un laboratorio que son:

1. Compromiso de parte del jefe o encargado del laboratorio a los principios y buenas prácticas de manejo de los desechos.
2. Un plan de manejo de desechos.
3. Responsabilidades asignadas en el sistema de manejo de desechos.
4. Políticas y prácticas dirigidas a reducir los volúmenes de los desechos generados en el laboratorio.

Debe existir un compromiso de la administración del laboratorio el cual debe incluir el apoyo por escrito del plan de manejo de desechos, la responsabilidad organizacional y el deseo de distribuir el personal para las diferentes responsabilidades, así como proveer los recursos económicos para la implementación del sistema de manejo de desechos. Es igualmente importante inculcar un deseo abierto y sincero para el plan de manejo de desechos a todos los niveles de la organización. Especialmente el apoyo debe ser continuo de parte del personal del laboratorio para que el sistema funcione (1).

El plan de manejo de desechos debe cumplir con regulaciones nacionales o regionales, si no se cuenta con ella se pueden tomar los lineamientos de la EPA.

Por el momento no se cuenta con normas nacionales que regulen los efluentes de este tipo de industria. Se puede tomar como referencia los niveles permitidos en otras industrias pero no serán válidas en el momento de publicar los límites permitidos de descarga para este tipo de industria.

1. Organización para el manejo de desechos. Debe ser responsable por designar, mantener, inspeccionar lugares de acumulación, por la disposición de los desechos, de proveer guías, consejos para problemas especiales para el manejo de desecho y por las sesiones de entrenamiento y reforzamiento del personal.

a) Personal operativo del laboratorio. Los técnicos del laboratorio (personal operativo del laboratorio) quienes son los generadores de los desechos, deben tener conocimiento general de las características peligrosas de su desecho y debe estar en la mejor posición para identificar si sus químicos pueden tener algún peligro inusual. Son responsables de colocar los desechos en los lugares destinados para este uso (recipientes o lavaderos). Deben proveer la información necesaria para el mantenimiento de las áreas de acumulamiento y los archivos correspondientes.

b) Supervisor de laboratorio. Debe monitorear las operaciones del laboratorio y los sitios de acumulación de desechos para chequear el funcionamiento según el plan de manejo de desechos.

c) Encargado de bodega. Las actividades dependerán del tamaño y complejidad del laboratorio y sus actividades pueden incluir el etiquetado de reactivos para control de las fechas de los químicos de los cuales se tienen tiempo de vencimiento después de la apertura, monitorear éstos y todos los reactivos y poder manejar intercambio de reactivos que no se necesitan.

Todas estas responsabilidades y actividades serán reforzadas con las sesiones de refuerzo continuas. Estas deben ser organizadas por el sistema de manejo de desechos y la frecuencia será determinada por el número y tipos de problemas encontrados en la operación del sistema, por cambios en las regulaciones o la naturaleza de la operación del laboratorio y la rotación de personal.

2. Clasificación de reactivos. Si el material ya es considerado un desecho, lo siguiente es determinar el peligro que representa y la forma de ser desechado. Para determinar esto es importante clasificar, identificar y segregar adecuadamente los desechos.

Debe tomarse en cuenta también que las características importantes de un material químico se deben enfocar muchas veces en la forma de disposición final y si algún componente es especialmente peligroso, se debe indicar o resaltar (como en los carcinógenos o metales pesados).

En el caso de que los técnicos se encuentren con una de estas mezclas o con reactivos no rotulados, debe comunicarlo al supervisor directo, quien debe ser un profesional en química.

3. Recuperación, reciclaje, reuso. Una de las principales opciones antes de considerar un material un desecho es la recuperación, reciclaje o reuso de materiales que de otra forma se vuelven un desecho (1).

Los materiales químicos pueden ser recuperados, reciclados o reusados a costos más bajos que los de la disposición de los desechos (o bien de adquirir nuevos y desechar los usados) además que no representan un daño al medio ambiente.

Aunque al principio estas técnicas no sean contempladas dentro de las políticas del laboratorio o no resulten económicamente factibles, es siempre recomendable tenerlas presentes y revisarlas continuamente.

En los países donde existen rellenos sanitarios y los desechos peligrosos se disponen finalmente en ellos, el derecho a este tipo de disposición es cada vez más alto además que la capacidad en extensión de terrenos va llegando a sus límites.

Es recomendable la recuperación de metales preciosos en las cantidades utilizadas en el laboratorio y toda vez este procedimiento lo lleve a cabo una persona con conocimientos de química.

Cuando son cantidades mayores es mejor remitirlas a reprocesadores comerciales o bien considerar la opción de que se intercambien los desechos que contengan estos materiales va concentrados y que otras instituciones como las universidades tengan parte de su programa estudiantil en la recuperación de estos materiales.

4. Intercambio de químicos. Si en el proceso de recuperación o reutilización de algún químico se regenera de una forma que no se puede utilizar directamente en el laboratorio se deben establecer contactos para intercambiar este tipo de reactivos. Se deben identificar adecuadamente los reactivos que se estén recibiendo de cualquier parte, de forma que se establezca una identificación rápida previa a su aceptación.

Si se puede usar algún químico como combustible auxiliar también se debe considerar esa posibilidad.

El reciclaje de los reactivos se hace principalmente cuando se utilizan solventes orgánicos.

5. Disposición. Las formas de disposición de los desechos se pueden clasificar en los diferentes tratamientos y las medidas que se toman con los residuos que se obtienen después de los mismos.

6. Almacenamiento de desechos. Es este aspecto se tomarán en cuenta las condiciones que debe tener el lugar

donde los reactivos se almacenen antes de su disposición o desecho. Se deben tomar este tipo de precauciones para los desechos regulados por la EPA y aquellos que son peligrosos aunque no sean regulados (aquellos que no llenan ninguna de las cuatro características de la EPA para desechos peligrosos y aquellos que no están listados pero que se sabe que pueden ser tóxicos).

El tiempo de almacenamiento debe ser el menor posible y el lugar de almacenamiento debe estar diseñado para que exista el menor escape posible al medio ambiente.

Los requerimientos mínimos son:

a) Contenedores. Deben ser de un material compatible con el desecho o recubiertos de este tipo de material, deben mantenerse tapados y deben estar dentro de un área de contención que sea capaz de retener derrames, fugas o precipitación.

b) Tanques. Deben ser de suficiente fuerza y de materiales compatibles con el desecho. Deben tener controles para prevenir rebalses y, en caso de tanques abiertos, deben tener

suficiente espacio libre para prevenir rebalses.

Se pueden almacenar temporalmente hasta 55 galones de desechos peligrosos (pero no de peligrosos agudos) cerca o en el lugar de generación. Es recomendable que el área donde se vayan a almacenar sea independiente o que cumpla con los requisitos de seguridad locales o lógicos.

Las regulaciones de desecho de la EPA no son vigentes para pequeños generadores si generan menos de 1000kg mensuales de ese desecho. Se debe calcular la cantidad de desechos y determinar si se está generando en cantidades mayores a los 1000 kg. Si la cantidad es menor, no se deben llevar los registros de la EPA, si es igual o menor puede hacerse una disposición de desechos menos estricta siempre y cuando se lleven registros de la forma de disposición de los diferentes tipos y cantidades de desechos.

F. Legislación nacional. El Reglamento de mínimos y máximos permisibles vigente contempla descarga de efluentes con cargas biológicas y químicas de cierto tipo de industrias. Estos límites se encuentran por encima de los

reglamentos internacionales y se encuentran en revisión. Dentro de este reglamento no se toma en cuenta la descarga de desechos de laboratorios ni reglamenta su desecho dentro del laboratorio. En el anexo I se encuentra la reglamentación actual de la CONAMA, donde se indican también los niveles permitidos de descarga para diferentes industrias.

III. JUSTIFICACION

Al tomar en cuenta el acelerado deterioro del medio ambiente y considerar que la industria es uno de los principales contribuyentes para este tipo de contaminación, un sistema de disposición adecuada de los desechos líquidos de un laboratorio químico-agrícola contribuye a controlar y disminuir este deterioro.

Dado que las legislaciones y políticas gubernamentales no son adecuadas para afrontar el problema global, este proyecto encaja en el sentido de mejoramiento del medio ambiente y disminución de la contaminación por medio de descarga de efluentes líquidos con material químico.

Además representa una forma segura para el personal que labora en este laboratorio para saber cómo manejar los desechos líquidos.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

1. Evaluar las características y cantidad de los desechos líquidos que se generan en un laboratorio químico-agrícola.
2. Diseñar un sistema de disposición de los desechos líquidos, de forma que sea segura, efectiva y económicamente accesible.
3. Evaluar económicamente el proyecto.

B. Específicos

1. Determinar la cantidad de reactivos utilizados en el laboratorio.
2. Clasificar los desechos líquidos para su segregación y disposición.
3. Evaluar tecnologías para determinar la disposición adecuada de los desechos.
4. Diseñar un sistema de disposición de los desechos de forma efectiva y segura.

V. PROBLEMA A RESOLVER

No existe un sistema para la disposición de desechos líquidos en los laboratorios químico-agrícolas. La disposición de los mismos es de suma importancia si se considera el impacto que tiene sobre el medio ambiente y el personal que labora en el laboratorio.

VI. METODOLOGIA

1. Revisión de los métodos de análisis.
2. Cálculo de volúmenes de desechos generados.
3. Clasificación de desechos.
4. Determinación de disposición adecuada de desechos.
5. Evaluación de tecnologías.
6. Diseño del proceso.
7. Diseño del equipo.
8. Evaluación económica.

VII. RESULTADOS

A. Tablas de resultados.

Tabla 7.1

Listado de mezclas de reactivos en los desechos líquidos del laboratorio químico-agrícola y análisis que la generan

No	Análisis/ determinación	Químicos utilizados
1	pH/C.E/NO ₃ en muestras de suelos	Agua, anti interferente (sulfato de aluminio, ácido sulfámico, ácido bórico, sulfato de plata, sulfato de amotino
2	Porcentaje (%) de materia orgánica en suelos	Dicromato de potasio, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, difenilamina, sulfato de amonio y hierro.
3	Elementos mayores y menores	solución de Mehlich 3 (fluoruro de suelos amonio, ácido acético, nitrato de amonio, EDTA, ácido nítrico)
4	Elementos mayores y menores	HCl 6N
5	Nitrógeno total en plantas	ácido sulfúrico, catalizador (selenio en polvo sulfato de cobre, sulfato de potasio), hidróxido de sodio

Tabla 7.2

Características de los desechos generadas
(según EPA: ver anexo B)

No.	pH	Corrosivo	Inflamable	EP tóxico	Reactivo	No. EPA
1	6.5					
2	1.4	X				
3	2.6					
4	1.0	X				
5	1.5	X				

Tabla 7.3

Volúmenes de desechos líquidos generados por el laboratorio
químico-agrícola

Corriente	Volumen de desechos líquidos generados		
	L/día	L/semana	L/mes
1	2	8	32
2	4	20	80
3	1	5	20
4			7.5
5	1.5	7	30

base:

500 muestras de plantas

800 muestras de suelos

Tabla 7.4

Tratamientos sugeridos para los desechos.

No	Tratamiento sugerido	Desecho resultante	Iones descargados a desagüe		Iones peligrosos	
			Cationes	Aniones	Cationes	Aniones
1	A	Ag(OH)	Al ⁺³	BO ₃ ⁻³	Ag	
	B		NH ⁺⁴	SO ₄ ⁻²		
	D					
2	A	Cr(OH) ₃	Fe ^{+2, +3}		Cr(III)	Cr ₂ O ₇ ⁻²
			Na ⁺			
3			SO ⁺⁴			
	B		NH ⁺⁴			
	B	CaF ₂	Ca ⁺²	NO ⁻³	F	
4			Na ⁺			
	E					
4	B	Cu(OH) ₂	Ca ⁺²	Br ⁻		
		Fe(OH) ₂	Cu ⁺²	Cl ⁻		
		Fe(OH) ₃	Fe ^{+2, +3}			
		Zn(OH) ₂	K ⁺²			
			Mg ⁺²			
5			Na ⁺			
	E		Zn ⁺²			
	B	Se ₂ S			Se	
	A					
	D					

CLAVE:

- A precipitación química
- B neutralización
- C degradación biológica anaeróbica
- D empaque y almacenamiento
- E desagüe

B. Diseño del proceso

En el laboratorio químico agrícola se decidirá descartar un material si:

1. No se tiene la identificación adecuada (tipo de reactivo/desecho, concentración, fecha de preparación (ver anexo G)).

2. Aquellos químicos que se hayan utilizado en determinaciones o extracciones.

3. Que se encuentren contaminados por sustancias conocidas o desconocidas.

1. Neutralización. La neutralización se utiliza para ajustar el pH de los desechos a un pH adecuado para el desecho al desagüe municipal (6.5-7.5) y como una etapa preliminar o simultánea a una precipitación química. El material a usar en esta etapa está ligado con la disposición final del desecho, por ejemplo si solamente se quiere neutralizar o bien si se requiere precipitación química de metales presentes.

Según el pH de los desechos (tabla 7.2) se neutralizarán los desechos no. 2, 4, 5 y 6.

Los materiales que se pueden utilizar para la neutralización son principalmente hidróxido de sodio (NaOH) e

hidróxido de calcio (Ca(OH)_2). Después del proceso de neutralización se requiere una precipitación química por lo que esta etapa se deberá tomar en cuenta para escoger el material a utilizar.

Entre los principales criterios se tiene que el hidróxido de calcio presenta la ventaja del costo y el precipitado que se consigue es más manejable que el flóculo que se obtiene con el hidróxido de sodio. El manejo del hidróxido de calcio comercial (cal hidratada) es seguro y la reacción con agua no es tan violenta como el hidróxido de sodio comercial (sosa caústica).

El requerimiento teórico de hidróxido de calcio es el siguiente:

Desecho 2.

Base : 1 l desecho

10 ml de H_2SO_4 (98% 1.84 g/ml) = 18 M

5 ml de H_3PO_4 (85% 1.71 g/ml) = 15 M

$\frac{0.18 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4}{120 \text{ ml}} * 1000 \text{ ml} = 1.5 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4$

$\frac{0.075 \text{ mol } \text{H}_3\text{PO}_4}{120 \text{ ml}} * 1000 \text{ ml} = 0.625 \text{ mol } \text{H}_3\text{PO}_4$

como el ácido sulfúrico es un ácido diprótico:

$1.5 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4 * \frac{1 \text{ mol } \text{Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4} = 1.5 \text{ mol } \text{Ca(OH)}_2$

$1.5 \text{ mol } \text{Ca(OH)}_2 * \frac{74 \text{ g } \text{Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol } \text{Ca(OH)}_2} = 111 \text{ g } \text{Ca(OH)}_2$

con el ácido fosfórico se van a tener tres disociaciones ácidas pero se toma en cuenta que las que neutralizan son las primeras dos disociaciones por lo que se toma también como un ácido diprótico.

$$0.625 \text{ mol H}_3\text{PO}_4 * \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol H}_3\text{PO}_4} = 0.625 \text{ mol Ca(OH)}_2$$

$$0.625 \text{ mol Ca(OH)}_2 * \frac{74 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} = 46.25 \text{ g Ca(OH)}_2$$

Requerimiento teórico: 157.25 g Ca(OH)₂ asumiendo un 15% de impurezas de la cal y por reacción incompleta se utilizarán 180g Ca(OH)₂/L desecho.

Desecho 3:

Base : 1 L de desecho
 ácido acético 0.2 M
 ácido nítrico 0.013 M

$$0.2 \text{ mol CH}_3\text{COOH} * \frac{0.5 \text{ mol Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}} = 0.1 \text{ mol Ca(OH)}_2$$

$$0.013 \text{ mol HNO}_3 * \frac{0.5 \text{ mol Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol HNO}_3} = 0.013 \text{ mol Ca(OH)}_2$$

$$0.013 \text{ mol Ca(OH)}_2 * \frac{74 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} = 15.76 \text{ g Ca(OH)}_2$$

Requerimiento teórico: 15.76 g Ca(OH)₂ con un 15% en exceso
 18.12 g Ca(OH)₂ (aprox. 18.5g).

Desecho 4:

Base: 1 L
 ácido clorhídrico 6 M

$$6 \text{ mol HCl} * \frac{0.5 \text{ mol Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol HCl}} = 3 \text{ mol Ca(OH)}_2$$

$$3 \text{ mol Ca(OH)}_2 * \frac{74 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} = 222 \text{ g Ca(OH)}_2$$

Requerimiento teórico: 222 g Ca(OH)₂ con un 10% en exceso 245 g/L.

Desecho 5:

Base: 1 L
 5 ml H₂SO₄ (98%) = 18 M
 volumen final 100 ml

$$\frac{0.18 \text{ mol}}{100 \text{ ml}} * 1000 \text{ ml} = 1.8 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

$$1.8 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 * \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 1.8 \text{ mol Ca(OH)}_2$$

$$1.8 \text{ mol Ca(OH)}_2 * \frac{74 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} = 133.2 \text{ g Ca(OH)}_2$$

Requerimiento teórico: 133.2 g Ca(OH)₂ con un 10% en exceso 146.5 g/L.

CONDICIONES DEL PROCESO:

1. Para lograr una neutralización homogénea y efectiva se requiere de agitación en esta etapa. Se debe tomar en cuenta la naturaleza de los desechos para determinar el tiempo óptimo de reacción.

2. El pH se debe controlar para ajustarlo al pH que se requiere en la precipitación química o bien si se va a desechar posteriormente al desagüe.

Dados los volúmenes que se necesita desechar, se propone un esquema de desechos semanales y mensuales en el cual no se dé un almacenamiento de volúmenes grandes de desechos y que el tiempo que lleve el proceso de neutralización no sea grande. Este esquema se presenta en la Tabla 7.5 a continuación.

Tabla 7.5
Frecuencia de disposición

Desecho	Frecuencia Sugerida		volumen (L)
	semanal	mensual	
1		X	32
2	X		20
3		X	20
4		X	8
5		X	30

Base:

300 muestras de plantas

900 muestras de suelos

Las disposiciones mensuales se pueden programar alternativamente, para realizarlo quincenalmente o bien los cuatros desechos en el mismo día.

Con base en estos volúmenes, se utilizará un tanque de 50 L para esta etapa. Este tamaño asegura que queda suficiente espacio libre para evitar rebalses cuando se lleve a cabo la neutralización y se pueda realizar la agitación adecuadamente.

2. Precipitación química. Los metales que se tienen en los desechos del laboratorio son de la forma inorgánica. De los desechos del laboratorio es necesario eliminar el cromo trivalente Cr(III) y el selenio (Se), el resto de metales resultan en una forma que es aceptada desecharla en el desagüe municipal. La alternativa para remoción de estos metales es utilizar carbón activado en polvo o granular pero la inversión inicial del carbón granular es alta y aproximadamente el triple del carbón en polvo(3) . Además se debe regenerar químicamente. El carbón en polvo se usa una sola vez y se debe disponer de él.

En el caso que se quieran recuperar a partir de los precipitados, puede hacerse por redisolución ácida de los hidróxidos.

Para el selenio (Se) se utilizará sulfuro de sodio(Na_2S), y el exceso de azufre (S) se destruirá con hipoclorito de sodio. Idealmente se deberá evitar el exceso de sulfuro de

sodio, ya que a partir de esta reacción se genera el compuesto sulfuro de selenio (SeS), el cual tiene propiedades carcinógenas y dado que no se encuentra presente en el agua de forma natural el impacto que causaría por el desecho de ésta a un cuerpo receptor de agua es aún mayor que el del selenio en las concentraciones presentes en el desecho original.

Esta precipitación difiere de la realizada con los desechos 1, 2, 3, 4, ya que se da en medio ácido y se reitera que debe ser muy cuidadoso al realizarla para evitar el subproducto mencionado.

Luego de la precipitación del sulfuro de selenio se neutraliza el desecho. Se debe experimentar el uso de floculantes en el caso que no se obtengan precipitados fáciles de sedimentar(9).

En este proceso de precipitación el porcentaje de remoción esperado del ion selenio es del 95%.

La sal disódica (EDTA) puede presentar cierta interferencia en la precipitación del cromo (Cr) por lo que se realizará independiente del desecho 3, el cual contiene este compuesto.

El cromo (Cr) presenta propiedades anfóteras por lo que el pH durante la precipitación se debe mantener cercano al 7.5 para evitar su redisolución. Esta precipitación se da en

la misma etapa de neutralización utilizando el hidróxido de calcio. El tiempo aproximado de reacción y sedimentación es de dos horas cada una(14).

Después de la sedimentación, dado que se tienen las facilidades de análisis en el laboratorio, se recomienda hacer un barrido espectrofotométrico para detectar la presencia tanto del cromo como del selenio en la solución sobrenadante. En caso no se pueda realizar por el costo, sí se deberá hacer al inicio del proyecto para chequear su efectividad de remoción. El costo de este rubro de funcionamiento variará según la época y de políticas de cobro de la empresa por que lo que se deja a criterio de la misma el uso periódico de este o no, aunque se recomienda fuertemente el uso del mismo.

El lodo formado por los precipitados y el exceso de cal en el mismo, pueden ser dejados en el tanque y ser utilizados en el siguiente lote de neutralización. En este caso puede ser necesaria la adición de material extra, ésta se puede calcular con el monitoreo del pH del sobrenadante. Se debe recordar siempre el tiempo de reacción de estos compuestos.

El tiempo de reacción que se utiliza con el hidróxido de calcio es mayor que cuando se utilizan otros compuestos como el hidróxido de sodio, ya que algunos hidróxidos de calcio no se disuelven y a su vez sirven como floculantes.

Con el uso de cal, el lodo de los precipitados son mucho

mayores y el tiempo de reacción es mayor. El gasto teórico de hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) por litro de desecho se encuentra en la tabla 7.6 y se necesita de un exceso de 1 kg de hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) por kg de cromo (Cr III) para precipitar, aunque el costo es menor.

En este proceso el porcentaje esperado de remoción del ion Cr(III) es entre 95% y 99% cuando se utiliza cal.

Tabla 7.6

Consumo aproximado de químicos para tratamiento de desechos.

Desecho	Tratamiento	Material a usar	kg/mes	Q.
1	A	hidróxido de calcio ácido sulfúrico		
2	A	hidróxido de calcio	14.4	12.67
3	B	hidróxido de calcio	0.36	0.32
4	B	hidróxido de calcio	1.84	1.62
5	B	sulfuro de sodio		
	C	hipoclorito de sodio		
	B	hidróxido de calcio		

CLAVE:

A precipitación química; **B** neutralización; **C** destrucción

Tabla 7.7
Remoción esperada del contaminante

Desecho	Contaminante	Alimentación	Efluente	Remoción
1	Ag	mg/L	mg/l	%
2	Cr(III)	0.06	0.01	90.0
5	Se	504.9	0.09	99.9
		20	5.02	95.0

3. Clarificación. Esta etapa se utiliza para aumentar el tiempo de residencia y lograr la sedimentación de precipitados que no sedimentaron en la etapa de precipitación. Si se detecta que no se logra una clarificación adecuada, se pueden utilizar floculantes o bien utilizar un filtro (puede utilizarse de arena) en la salida para lograr un efluente limpio. El tiempo aproximado de clarificación es de 2 horas.

4. Dilución. En los desechos líquidos se tendrán cationes y aniones de sales resultado de la neutralización y, además de sales disueltas en los químicos desechados.

Ambos tipos de lodos se encuentran dentro de la clasificación que permite que se puedan desechar en el desagüe, sin embargo por ser un desecho concentrado es conveniente diluirlo antes de introducirlo al efluente. Se recomienda tener un tanque de dilución antes del desagüe y no solamente mezclar con corrientes grandes de agua (1).

5. Secado de lodos. El porcentaje de agua que contiene el lodo de precipitados es alto y esto significa que ocupará un volumen mayor en la disposición final y su manejo será más difícil también. Por esta razón se recomienda utilizar una etapa de secado de los lodos. Las formas inmediatas para realizarlo son el centrifugado y el secado al sol.

Para realizarlo por centrifugado se necesita de una centrífuga de un tamaño mayor al de las de laboratorio y el costo de estos equipos son altos además que ocuparía un espacio adicional así como mantenimiento periódico (para equipos de laboratorio se recomienda un mínimo de un mantenimiento anual). La opción de secado al sol es una alternativa más barata y sin los inconvenientes antes mencionados. Aun en época de lluvia, se puede realizar en un área cubierta (aunque no sea cerrada). Este se puede realizar en bandejas metálicas rústicas. Además al realizar la descarga de los lodos se colocará una membrana que tenga

una función filtrante en los lodos y poder remover así también un porcentaje del agua.

Con este proceso se espera reducir en un 50% el volumen de los lodos.

6. Disposición de lodos. Con los lodos secos resultantes de los procesos anteriores, y principalmente de los desechos 2 y 6, se tienen dos opciones una a corto plazo y una a mediano y largo plazo. La opción a corto plazo es construir blocs con cemento en una relación 2:1:0.5 (arena:cemento:cal). Es importante para guardar estos bloques no exponerlos a condiciones de pH extremos ácidos o básicos ya que los hidróxidos pueden ser re disueltos en estas condiciones extremas. Tampoco deben ser expuestos a corrientes grandes de agua (como inundaciones) para evitar al máximo la lixiviación de los materiales incorporados a los mismos.

La opción a mediano o largo plazo es disponer los lodos en un relleno sanitario para este fin. En este sentido se tiene un proyecto que nació como iniciativa de la Comisión del Medio Ambiente de la Cámara de Industria de Guatemala de construir en 1998 un relleno sanitario para los desechos sólidos de las industrias guatemaltecas. Esto funcionaría pagando una cuota basada en cantidad de desechos. Esta es una opción que se

tendrá que evaluar económicamente cuando ya se tengan los costos de este tipo de disposición.

Estas etapas son las que se utilizarán para el diseño del equipo. Se usará tratamiento por lote para un mejor control de las reacciones y tener la flexibilidad de intercambiar los productos de los tratamientos a los diferentes equipos a utilizar. Además los volúmenes que se manejan son adecuados para manejarlos por lote.

C. Diseño del equipo

1. Neutralización/precipitación. Para esta etapa se utilizará un tanque de 50L con agitación, aunque los desechos de cada corriente son homogéneos, se necesita agitación constante para lograr la neutralización en forma efectiva. Los desechos varían ampliamente en rango de pH desde muy ácidos (pH 0.98) hasta básicos (pH 9.6), por lo que se necesita un material de construcción que soporte lo corrosivo de estas condiciones. Una buena opción es utilizar un caparazón de acero al carbono con revestimiento de fibra de vidrio. también se puede utilizar uno de fibra de vidrio solamente.

El último tiene la ventaja del costo y manejabilidad

sobre cualquier metal o aleación que se pudiera utilizar. No tendrá tapadera..

El tanque tiene en el fondo una abertura por donde se pueden descargar los sólidos resultantes de la precipitación.

El agitador será de 0.05 KW (1/16 HP). También será recubierto con fibra de vidrio. Se puede subir y bajar manualmente y con graduación de velocidad.

El control de pH se realiza con un pH metro industrial ya que un electrodo para laboratorio tiene la membrana muy delicada y su uso continuo en estas condiciones la desgastarían rápidamente.

La alimentación de los desechos como de los agentes neutralizantes se realizará manualmente.

Se tiene la opción de utilizar un sistema de control automático para el control de pH donde se podría controlar la alimentación de los desechos así como de los agentes neutralizantes con bombas dosificadoras, pero esto aumenta el costo total del equipo.

La descarga de los sólidos sedimentados se hará por gravedad.

2. Clarificador. Después de la etapa de neutralización se tiene una etapa de clarificación de los sólidos que no hayan sedimentado en la etapa anterior.

El tanque a utilizar es de 50 L, se recomienda también que el material de este tanque sea fibra de vidrio, por las características que presenta en condiciones extremas. La agitación es más lenta y sólo se realizará a intervalos en la primera mitad del período de clarificación para permitir la sedimentación total de los precipitados. El agitador en este tanque se recomienda que sea en forma de paletas que estén cercanas al fondo y que la altura al mismo pueda graduarse de forma que inclusive pueda raspar y limpiar las paredes de sedimentos que se adhieran o incrusten en el mismo.

La descarga del tanque de neutralización será por gravedad. La dosificación de algún material floculante se realizará manualmente. El tanque será sin tapadera.

3. Tanque de dilución. Se puede utilizar un tanque de poliuretano o de cemento de 3 m³ con descarga al drenaje y con un punto de muestreo en la salida (ver fig 2). El de poliuretano es una opción más barata y por la forma de estos contenedores pueden inspeccionarse fácilmente de forma continua.

Con esto se logrará una dilución previa a la descarga en el desagüe. Esta etapa del proceso puede obviarse en el caso que la empresa cuente con una fosa séptica por la cual puede alimentarse la descarga del sobrenadante de la neutralización y precipitación.

4. Campana de extracción de gases. El tipo de campana a utilizar es como una campana de laboratorio. La ventilación es pobre dentro de instalaciones cerradas, por lo que se tomará el criterio de $255 \text{ m}^3/\text{h}$ por 0.09 m^2 (150 cfm por pie cuadrado) (6). Con un área aproximada de $1.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ ($4.95 \text{ pie} \times 8.25 \text{ pie}$) con lo que se tiene 3.7 m^2 (40.84 pie^2) con un volumen de aire a mover de $150 \text{ cfm} \times 40.84 \text{ pie}^2 = 6125$ con un factor de seguridad de 1.2 es igual a 6125×1.20 entonces se requiere una ventilación de $12490 \text{ m}^3/\text{h}$ (7350 cfm) y un tamaño comercial de 7500 cfm . (5)

El ventilador a utilizar será de aletas fijas de 7500 cfm unido con el eje por medio de poleas para evitar la corrosión del motor.

5. Secado. Si se realiza por el sistema de secado al sol (o en un área cubierta, en caso de lluvias), se recomienda que las bandejas sean construidas de latas de metal rústico

con las siguientes dimensiones: 1m de ancho por 1m de largo y una profundidad de 10 cm.

6. Cementado de lodos. El volumen mensual de lodos de aproximadamente 20 kg. Si la remoción de agua es efectiva se espera reducir este volumen en un 50%, por lo que el volumen final sería de aproximadamente 10 kg. Con lo se harán blocs de 0.20m X 0.40m X 0.15m.

La construcción se hará con cemento y arena de río para que los blocs sean menos porosos que con graniza en una relación 2:1:0.5 (arena:cemento:cal). En cada bloc se puede incorporar aproximadamente 0.5 kg. de lodos, por lo que se construirán 20 blocs o menos al mes.

Otra forma de disponer de estos precipitados es almacenarlos en toneles bien protegidos para desecharlos después en un relleno sanitario o bien enterrarlos. El problema de enterrarlos son los posibles daños que pueden sufrir los toneles y que estos lodos queden expuestos a la tierra, donde se pueden redisolverse los hidróxidos.

Por el momento se presentan ambas opciones y se recomienda la opción de cementado por ser más inmediata. Si en el futuro se designa en el ámbito nacional o municipal un

sitio para depositar material de desecho se considerará utilizarlo.

Figura 7.1

Disposición del equipo para tratamiento de desechos.

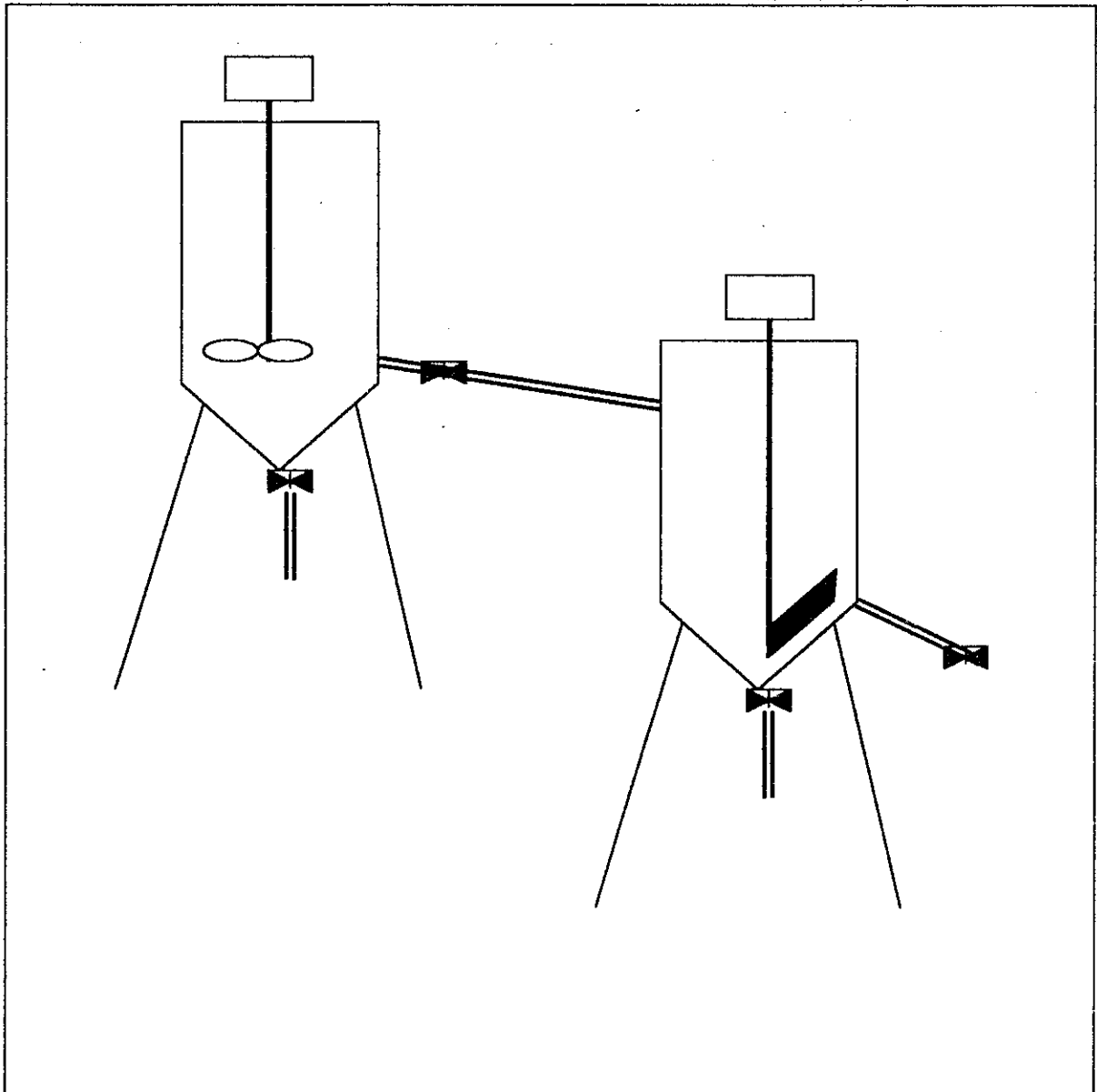


Tabla 7.8
Resumen de gastos

Costo total del equipo y de la operación mensual

COSTO DEL EQUIPO	Q. 61 700.00
COSTO DE INSTALACIONES Y ACCESORIOS	Q. 6 000.00
COSTO DE OPERACION (mes)	Q. 877.00

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Es posible coleccionar el desecho donde se genera, por lo que no es necesario tratar el efluente total del laboratorio sino recolectar y segregar adecuadamente los desechos. Esto es aplicable a todos los laboratorios.

Utilizando los criterios de la EPA, los desechos líquidos que se generan en un laboratorio químico-agrícola no pueden ser desechados directamente al desagüe. Es necesario reducir o eliminar los contaminantes del efluente del laboratorio antes de ser descargados al drenaje. Los desechos que no tienen contaminantes que presentan peligrosidad o toxicidad tienen un pH fuera del rango en que se puede desechar de esta forma.

Para la disposición, los desechos de cada uno de los análisis que se generan se deben manejar por separado debido a las incompatibilidades químicas y que la recolección de los desechos se realizará directamente por el técnico analista para el cual el sistema no debe representar riesgos en la manipulación de los desechos. Por esto también el almacenamiento de los desechos es independiente.

ETAPA DE NEUTRALIZACIÓN / PRECIPITACIÓN

Los desechos del laboratorio químico-agrícola se clasificaron e identificaron según sus características

principales, una de estas es el pH. Ya que los desechos son principalmente ácidos minerales y soluciones acuosas con sales disueltas, la etapa de neutralización es la base del sistema de tratamiento de desechos ya que se utiliza simultáneamente para la precipitación química.

El material a utilizar como neutralizante /precipitante es el hidróxido de calcio comercial (cal hidratada) ya que los sólidos precipitados son más fáciles de manejar y el manejo del producto también es seguro en comparación con el uso de hidróxido de sodio.

Al darse la neutralización los ácidos que se encuentran en los desechos forman sales en solución. Al mismo tiempo iones, como el cobre (Cu^{+2}) y el hierro ($\text{Fe}^{2+,3+}$) (ver tabla 7.2), forman precipitados de hidróxidos de estos iones.

Esto representa una ventaja ya que la precipitación se realiza específicamente para la remoción del Cr(III) y al final se obtiene un efluente más limpio. Los iones que no son precipitados como hidróxidos pueden ser desechados ya que se encuentran en bajas concentraciones. La principal condición que se debe controlar en esta etapa es el pH al que se realiza la precipitación la cual se puede realizar manualmente con adiciones continuas del hidróxido de calcio y monitoreo del pH con un pH Metro (potenciámetro con electrodo para pH) de laboratorio.

Es recomendable saber la cantidad aproximada de hidróxido de calcio (cal hidratada comercial) a utilizar ya que si se utiliza en exceso el pH subirá lentamente y por encima de lo deseado y se deberá utilizar un ácido, de preferencia ácido sulfúrico, para volver a ajustar el pH. Esto incide en un mayor trabajo y en un costo más elevado. Con esta técnica se esperan remociones de 95-99 % de Cr(III) por lo que la concentración esperada después de el proceso de dilución será aproximadamente (0.05-0.1 mg/L).

Los efluentes de desechos industriales tienen como límite máximo permisible de desecho de cromo (Cr) total entre 2 y 4 ppm (anexo C). Esta limitación no es específica para laboratorios pero se puede tomar como referencia.

De la precipitación del selenio, se espera también remoción del 95-99% (3) y recomienda seguir las precauciones que se mencionan en la sección VII.B.2 (B). Para el selenio no se cuenta con límites máximos permisibles para ningún tipo de industria por lo que se eliminará de forma que queden solamente trazas inevitables en el efluente.

El equipo utilizado en estas etapas da la versatilidad de manejar pH extremos por el recubrimiento de fibra de vidrio. Además que este tanque puede ser utilizado para un pre-tratamiento como se da en el caso del selenio, con el que se puede realizar la destrucción del exceso de azufre en el segundo tanque.

Se puede realizar la descarga del material obtenido del pre-tratamiento por el fondo del tanque o descargarlo en el segundo por gravedad.

El tamaño del equipo y el volumen de desechos a manejar por lote se contempla así porque se recomienda que la disposición y el monitoreo se realice por una persona con conocimientos de química y el costo hora hombre de este personal es alto y no se puede invertir tiempo diariamente para controlar este procedimiento, la distribución de esta actividad ocupará aproximadamente medio día semanalmente y un día mensualmente.

El equipo de seguridad que se debe utilizar son: bata de laboratorio, anteojos /careta para protección de ojos y cara, guantes. La adecuada ventilación del dióxido de carbono (CO_2) y otros gases generados se consideran con el uso de una campana de extracción.

Este proceso es una de las alternativas más convenientes para la disposición de este tipo de desechos ya que no requiere equipo sofisticado y el tiempo que se invierte es menor que en otros procesos. Sin embargo es importante tomar en cuenta el volumen de sólidos generados a partir de este proceso.

ETAPA DE CLARIFICACION

El clarificador se utiliza para lograr también un efluente más limpio, se puede utilizar el mismo tanque que se utiliza para la neutralización y aumentar el tiempo de reposo y desechar el sobrenadante pero con el uso de los dos tanques se tiene la opción de trabajar dos lotes al mismo tiempo, y da la opción para realizar un tratamiento posterior.

En el caso de tener desechos desconocidos se deben realizar ciertas pruebas específicas para determinar la procedencia y tipo de desecho que se maneja. Esta etapa funciona adecuadamente para la neutralización de desechos generados por laboratorios y si se tiene una idea de la proveniencia de los desechos es posible seguir los criterios de consumo hidróxido de calcio de la sección VIII.1 (A) si no es así se deberá monitorear el pH tomando en cuenta el tiempo de reacción del hidróxido.

Como se puede observar, el equipo que se propone se puede utilizar en cualquier laboratorio que tenga la necesidad de etapas de neutralización y precipitación química. La conexión entre ambos tanques es interrumpida por una llave por lo que el tratamiento de los desechos es versátil y trabajando por lotes se pueden intercambiar los productos entre uno y el otro y adaptar las necesidades a este equipo. Al final de los dos tanques se puede adaptar otro o algún tratamiento especial como lo podría un tratamiento biológico si se llegan a utilizar materiales

orgánicos no recuperados.

El volumen de desechos que se generan son altos y una alternativa que se tiene es optimizar los procesos analíticos para estudiar la posibilidad de reducción del volumen de reactivos tanto en los análisis de rutina como en los experimentos. Los desechos de un laboratorio químico no se pueden eliminar totalmente pero sí se pueden evaluar metodologías alternativas para los análisis que generan los iones tóxicos, en este caso la determinación de nitrógeno en tejidos foliar y materia orgánica en suelos. En la primera se puede realizar la determinación por técnicas de infrarrojo cercano y en la segunda se puede utilizar la metodología de pérdida de peso por ignición; en ambos casos no se necesita digestión de la muestra. Ninguno de los contaminantes en los desechos es contaminante agudo por lo que su almacenamiento no se presta a reglas estrictas de control para lineamientos generales sobre el almacenamiento consultar el anexo G.3

Las actividades que conllevan estos procedimientos requieren del esfuerzo conjunto de todas las personas que laboran en el laboratorio. Se deben describir responsabilidades específicas a nivel operativo principalmente (supervisores, personal técnico, bodega). Las políticas del tratamiento de desecho deben estar contempladas en las políticas de la empresa. Se debe designar a una persona encargada de la organización de desecho que en el caso del laboratorio químico-agrícola podrá ser una persona que tenga otras responsabilidades como el Jefe de Procesos

Analíticos o el Jefe de Control de Calidad.

COSTOS

El costo de operación como se puede observar en el anexo J se puede adicionar al costo del análisis en lo que sería el manejo de la muestra. En general los laboratorios guatemaltecos no son grandes y una inversión de esta cantidad se debe recuperar de forma rápida. En este caso se consideró este tiempo en un año.

Actualmente análisis económico costo / beneficio se basa solamente en el aporte a detener el deterioro del medio ambiente porque como se mencionó no se pueden cuantificar las multas que se pagarían por dejar de tratar adecuadamente los desechos.

En este trabajo no se cubre el tratamiento de desechos sólidos, contaminación por ruido y del aire los cuales también deterioran el medio ambiente, por lo que en un futuro se deberán tomar en cuenta estos aspectos para una mejoría global no sólo del impacto ambiental sino de la seguridad de los empleados de la empresa.

IX. CONCLUSIONES

1. Los desechos generados por un laboratorio químico-agrícola son principalmente ácidos minerales y soluciones acuosas con sales inorgánicas.
2. Según la clasificación de la EPA, de los iones en los desechos líquidos, los que presentan toxicidad son el cromo trivalente Cr(III) y el selenio (Se).
3. Utilizando las etapas de neutralización simultáneamente con precipitación química, es posible reducir el pH de los desechos a un nivel adecuado para su disposición en el drenaje. Al mismo tiempo se espera remoción de un 95-99% en los niveles de cromo y selenio en los desechos.
4. El tratamiento de los desechos líquidos es un aporte para disminuir el deterioro del medio ambiente.
5. El volumen de sólidos precipitados que se generan a partir de la precipitación química es proporcional al volumen de desechos líquidos por lo que es necesario optimizar los procesos analíticos para disminuir la generación de desechos.
6. La disposición de los hidróxidos precipitados por medio de fabricación de bloques es la alternativa más inmediata para su disposición.

X. RECOMENDACIONES

1. Se pueden utilizar metodologías alternas para los análisis de los que se generan los iones tóxicos (cromo (III) y selenio. Una de ellas puede ser la utilización de técnicas de infrarrojo cercano para la determinación de nitrógeno en tejido foliar y la determinación de materia orgánica en suelos por el método de pérdida por calcinación (loss on ignition).
2. Monitorear mensualmente el efluente del laboratorio para determinar si se está trabajando dentro de rangos adecuados para la descarga de estos desechos.
3. Buscar alternativas futuras para la disposición de los hidróxidos de la precipitación.
4. Actualizar constantemente los criterios de toxicidad y peligrosidad para controlar el desecho de otros iones que está permitido desechar en el drenaje en que se desecha. Lo mismo se debe hacer con la legislación nacional.
5. Optimizar los procesos analíticos para reducir el volumen de desechos generados. Así mismo se deben planificar los experimentos que se realicen fuera de la rutina del laboratorio.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- A. Araneo. Química analítica cuantitativa. Mc Graw Hill
1981 México. 540pp.
- Ayres, G. Análisis químico cuantitativo. Harla S.A.
1975
- Cadman, T., R. Dellinger "Techniques for removing metals from
1974 process wastewater". Chemical Engineering. April
15. 79-85pp.
- Compendium of technologies used in treatment of hazardous
1989 wastes. EPA.
- Eckenfelder W. Jr. et.al. "Wastewater treatment".
1983 Chemical Engineering. September 2. 60-74pp.
- El Ingeniero Químico en el tratamiento de desechos
1994 industriales para la protección del medio ambiente.
Revista de la IX Convención Nacional y Regional de
Estudiantes de Ingeniería Química. ESIQ.
- Goodfellow, H. "Hood design for ventilation systems".
1987 Heating, piping, air conditioning. February. 60-66pp
- Guías para la calidad del agua potable. Organización Mundial
1995 para la Salud. Ginebra. 2ed. Volumen 1.

J.T Baker 1991/92 Laboratory Reagents and Chromatography
1991 products catalog. International Edition.

Lanovette, K. "Heavy Metals Removal: Industrial Pollution
1977 Control". Chemical Engineering Issue. October 17.

Miall, S., M. Miall. Diccionario de Química. Editorial
1953 Atlante. México D.F

Mackie, J.K. "Hazardous Waste Management". Chemical
1984 Engineering. Agosto 6. pp 51-64.

Perry, R. Perry's Chemical Engineerings' Handbook. 5a. ed.
1984 Malasia, McGraw Hill Inc.

Prudent Practices for disposal of chemicals from
1983 laboratories. Comitee on hazardous substances in the
Laboratory. Comission on Physical Sciences,
Mathematics and Resources. National Research
Council. National Academy Press. Washington, D.C.

Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos
1988 permisibles de contaminación para la descarga de aguas
servidas. Comisión Nacional del Medio Ambiente.
CONAMA.

Thompson, J., J. Trickler. "Fans and fan systems".
1983 Chemical Engineering. March 21. 48-59pp.

APENDICE A

CLASIFICACION DE DESECHOS PELIGROSOS SEGUN LA AGENCIA DE PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE (EPA)

CLASIFICACION

La clasificación de los reactivos se realizará según el criterio de la EPA (40CFR 261 Identification and Listing of Hazardous Waste).

Desecho sólido: incluye cualquier líquido, sólido, semisólido o material gaseoso contenido si es desechado si es abandonado (no usado, re-usado, recuperado o reciclado).

Un desecho sólido es un desecho peligroso si está específicamente incluido en cualquiera de las cuatro listas de desechos peligrosos de la EPA o si presenta alguna de las características que pueden ayudar al generador a definir si el desecho es peligroso o no (Apéndice A.4-CFR 261 Subpart D).

1. DESECHOS PELIGROSOS DE FUENTES NO ESPECÍFICAS. El que incluye el uso de solventes que son comunes en las operaciones del laboratorio y los fondos de la recuperación de estos solventes. También se incluyen lodos y soluciones sobras de las operaciones de electroplatinización y tratamiento térmico de metales, la mayoría de los cuales contienen cianuros.

2. DESECHOS PELIGROSOS DE FUENTES ESPECÍFICAS. Los cuales incluyen principalmente desechos industriales que usualmente no están asociados con operaciones de laboratorio.

3. PRODUCTOS QUÍMICOS COMERCIALES, FUERA DE ESPECIFICACIÓN, RECIPIENTES Y RESIDUOS DE DERRAMES.

a) Desechos peligrosos agudos, químicos que son considerados que representan peligro agudo. La excepción para generadores de pequeñas concentraciones para generación mensual y para almacenamiento de materiales es de 1kg. Hay requerimientos exigentes para disposición de recipientes usados.

b) Desechos peligrosos, son químicos considerados que representan un peligro menor que los desechos peligrosos agudos. Los requerimientos para desechar recipientes vacíos son menos estrictos que para los químicos de peligro agudo.

Si un químico no está listado, aún es un desecho peligroso si cumple con cualquiera de estas cuatro características: inflamable, corrosivo, reactivo, EP Tóxico.

1. **Inflamable:** la definición de esta característica incluye lo siguiente:

- a) Líquidos con punto de encendido debajo de 60°C. Se excluyen soluciones acuosas que contengan menos de 24% (volumen) de alcohol.
 - b) Materiales no líquidos propensos a causar fuego por fricción, absorción de humedad, cambio químico espontáneo o propenso a retener calor. Cuando se enciende, arder tan vigorosa y persistentemente como para crear un riesgo.
 - c) Gases comprimidos inflamables como se define por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT). Ésta definición incluye gases que forman mezclas inflamables a concentraciones de 13% o menos en aire o que tienen rangos de inflamabilidad en aire en rangos mayores a 12% sin importar el límite inferior. La definición incluye otras características que deben ser determinadas por pruebas específicas.
 - d) Oxidantes: sustancias tales como cloratos, permanganato, peróxidos inorgánicos o nitratos que desprenden oxígeno tan rápidamente que estimula la combustión de materia orgánica.
2. **Corrosivo:** Soluciones acuosas que tienen un $2 < \text{pH} > 12.5$. Otros líquidos que corroen el acero SAE 1020 a una razón mayor de 0.635cm por año.
 3. **Reactivo:** Esta clasificación incluye sustancias que reaccionen violentamente con agua o produzcan gases tóxicos o mezclas explosivas, sustancias inestables, explosivas o sustancias que puedan tener tóxicos en

cantidades suficientes para representar un daño a la salud humana o al ambiente cuando son mezcladas con agua, como el caso de los desechos en presencia de cianuro o sulfuros cuando son expuestos a un pH entre 2 y 12.5. Desechos que explotan a temperatura y presión normal, o entran en la clasificación DOT de explosivos prohibidos (Apéndice D, 49 CFR 173.51), explosivos Clase A (Apéndice D, 49 CFR 173.53) o explosivos Clase B (Apéndice D, 49 CFR 173.88).

4. **EP Tóxico:** Esta característica es definida por una prueba prescrita por un procedimiento para extracción de agua a un $\text{pH} < 5$ controlada por la adición de ácido acético. El extracto es analizado para concentraciones de seis elementos o iones (As, Ba, Cd, Cr(VI), Pb, Hg, Se, Ag) y seis sustancias orgánicas clorinadas.

Estas pueden ser determinadas por pruebas específicas citadas en estas regulaciones (ver Apéndice A, 40 CFR 261 Subpart C). Alternativamente, si se conoce la fuente o propiedades de los materiales se pueden declarar peligrosos sin que hayan sido realizadas estas pruebas.

ANEXO B

DESECHO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EN EL LABORATORIO

Esta práctica se realiza en cierta proporción cuando la red de drenaje del laboratorio se encuentra conectada a una planta de tratamiento de aguas de alcantarillado (municipal). Los procedimientos de desecho y las reglas para el plan de desechos del laboratorio estarán basados en las regulaciones locales para ver cuales son permitidas de desechar en el sistema de alcantarillado.

Materiales que pueden ser desechados en el lavadero.

Químicos orgánicos: solamente aquellos compuestos orgánicos que son razonablemente solubles en el agua son adecuados para el desecho en el lavadero (drenaje). Un criterio útil es el que se utiliza para análisis orgánico: 0.2 ml o 0.1g disueltos en 3ml de agua en un tubo de ensayo. En general este tipo de material puede desecharse en el drenaje con por lo menos 100 volúmenes de agua (mezclados en abundancia). Sin embargo eso se restringe también por el sentido común, por ejemplo si el material tiene un punto de ebullición menos de 50°C puede causar vapores y sobre presión en las tuberías. O por ejemplo, materiales que puedan causar explosiones como el dietil éter.

Soluciones con mal olor tampoco deben ser desechadas en el drenaje.

Si el material insoluble es menor al 2% de la mezcla, entonces si se puede desechar en el drenaje ya que se considera que se diluirá bien en el efluente (ejemplos comunes son la acetona que ha sido utilizadas para lavar cristalería o etanol).

Cualquier material que pueda ser descompuesto por el agua (por ejemplo los órgano metálicos) debe ser tratados antes de ser desechados o bien diluidos.

EXCLUSIONES: El criterio de solubilidad excluye a hidrocarburos, hidrocarburos halogenados, compuestos nitro mercaptanos y la mayoría de compuestos oxigenados que contengan más de cinco átomos de carbono, explosivos, azidas y peróxidos y polímeros solubles.

NOTA: No es permitido desechar más que cantidades inevitables de trazas de químicos altamente tóxicos.

Químicos inorgánicos: Está permitido desechar soluciones diluidas de sales en las que ambos, el catión y anión se encuentren en la segunda columna de las tablas siguientes. Cualquier sal que el catión o el anión estén listados en la primer columna no debe ser desechados más que en trazas inevitables.

Ácidos minerales y alcalinos es mejor neutralizarlos antes de su desecho. Se tiene una práctica de desechos de no más de 50ml/min. del ácido o base concentrado aunque esto no funciona en laboratorios que no tienen sistemas de drenaje resistentes a los químicos.

Se recomiendan algunos pasos para que la disposición sea adecuada:

1. Las cantidades de químicos dispuestas en el drenaje deben ser limitadas generalmente a no más de algunos gramos o mililitros. La disposición debe ser realizada con un flujo de al menos 100 veces exceso de agua, para que los químicos sean altamente diluidos.
2. Se debe monitorear los desechos en el drenaje hecho por los técnicos del laboratorio. Se recomiendan chequeos periódicos por los supervisores o encargados del sistema de desechos.
3. Diseñar puntos de muestreo del efluente del drenaje.

Tabla B.1
Toxicidad relativa de los cationes

Altamente tóxicos	Precipitante	Poco tóxicos	Precipitante
Antimonio	OH^- , S^{2-}	Aluminio	OH^-
Arsénico	S^{2-}	Calcio	SO_4^{2-} , CO_3^{2-}
Bario	SO_4^{2-} , CO_3^{2-}	Cobre	OH^- , S^{2-}
Calcio	SO_4^{2-} , CO_3^{2-}	Hierro	OH^- , S^{2-}
Cadmio	OH^- , S^{2-}	Lantanos	OH^-
Cromo (III)	OH^-	Litio	
Cobalto (II)	OH^- , S^{2-}	Magnesio	OH^-
Plomo	OH^- , S^{2-}	Molibdeno (VI)	
Manganeso (II)	OH^- , S^{2-}	Potasio	
Mercurio	OH^- , S^{2-}	Estroncio	SO_4^{2-} , CO_3^{2-}
Níquel	OH^- , S^{2-}	Estaño	OH^- , S^{2-}
Selenio	S^{2-}	Cinc	OH^- , S^{2-}
Plata	Cl^- , OH^- , S^{2-}		
Vanadio	OH^- , S^{2-}		

Clave:

OH^- base CO_3^{2-} carbonato SO_4^{2-} sulfato
 Cl^- cloruro S^{2-} sulfuro

Tabla B.2
Toxicidad relativa de los aniones

Aniones altamente peligrosos		Aniones de baja peligrosidad	
Ion	Tipo de peligro	Precipitante	Anión
Amida	F	-	
Arsenita	T	-	
Arsénico	T	-	
Cromato	T,O	*	
Fluoruro	T	Ca ²⁺	
Hidruro	F	-	
Hidroperóxido	O,E	-	
Hipoclorito	O	-	
Nitrato	O	-	
Nitrito	T,O	-	
Selenato	T	Pb ²⁺	
Selenuro	T	Cu ²⁺	
Sulfuro	T	**	

Clave:

* este ion se debe reducir y precipitar como Cr (III)

** el sulfuro se utiliza como precipitante

También se debe estar familiarizado con regulaciones o normas que se van a tomar como guía para los desechos. Si no existen nacional o regionalmente se pueden adoptar las de la EPA.

ANEXO C

Listado de reactivos utilizados en el laboratorio
 Clasificación y forma de desecho sugerida

Nombre del reactivo	Riesgo					Forma de desecho
	A	B	C	D	E	
Sulfato de aluminio	1	0	0	1	O	4
Sulfato de plata	2	0	0	1	O	16
Ácido sulfámico	2	0	2	3	W	2
Ácido bórico	2	0	0	2	O	2
Dicromato de potasio	4	0	0	4	Y	10
Ácido sulfúrico	3	0	3	4	W	4
Ácido fosfórico	2	0	2	3	W	4
Difenilamina	1	1	1	2	O	3
Sulfato de amonio y hierro	1	0	0	1	O	12
Cloruro de potasio	0	0	0	1	O	4
EDTA	1	1	0	1	O	4
Ácido acético	2	2	2	3	R	3
Nitrato de amonio	1	0	3	2	Y	2
Fluoruro de amonio	3	0	1	2	B	6
Ácido nítrico	3	0	3	4	Y	4
Ácido clorhídrico	3	0	2	3	W	4
Sulfato de potasio	1	0	0	0	O	2
Sulfato de cobre	2	0	1	1	O	12
Selenio	3	0	1	2	B	16
Hidróxido de sodio	3	0	2	4	WS	4
Alcohol	3	4	2	2	R	
Trióxido de aluminio	1	0	1	1	O	
Carbonato de calcio	0	0	0	1	O	
Carbón activado	0	2	0	1	R	
Fenolftaleína	1	1	1	1	O	
Cloruro de sodio	1	0	0	1	O	

Clave de colores para almacenamiento

Clave	Significado	Forma de almacenamiento
R = roja	Peligro de inflamabilidad	Guarde en área de líquidos inflamables
Y = amarilla	Reactividad	Almacene separado y lejos de materiales inflamables o combustibles
B = azul	Riesgo a la salud	Guarde en área de veneno
W = blanco	Riesgo de contacto	Guarde en área a prueba de corrosión
O = anaranjado	Sustancias que no tienen ningún riesgo mayor a 2	Guarde en área de almacenamiento general
RS = rayado rojo	Materiales incompatibles con los de su mismo color	No se debe almacenar adyacente a una sustancia con el mismo color.
YS = rayado amarillo		
WS = rayado blanco		Guardar por separado.

Clase de peligros

Salud: el daño o efecto tóxico de una sustancia si es inhalada, ingerida o absorbida.

Inflamabilidad: tendencia de la sustancia a arder.

Reactividad: potencial de una sustancia a explotar o reaccionar violentamente con aire, agua u otras sustancias.

Contacto: peligro a una sustancia presente cuando se expone a piel, membranas mucosas.

Escala: 4- Extremo; 3-Severo; 2-Moderado; 1-Leve; 0-Ninguno (o no hay datos que sugieran lo contrario).

Formas de desecho:

2: Disolver o mezclar el material con un solvente combustible e introducir en un incinerador químico con post quemador o lavador de gases.

3: Igual que el 2 sólo que sin disolver.

4: neutralizar para precipitar. Ajuste pH y separe cualquier insoluble y pasarlo a manejo de desechos. El calor de la reacción se debe controlar por la velocidad de la misma.

6: Disolver el material en agua, neutralizar inmediatamente, agregar ácido clorhídrico si no se disuelve. Agregar cloruro de calcio en exceso.

10: Acidificar con una solución al 3% de la solución o la suspensión a un pH de 2. Gradualmente agregue 50% en exceso de una solución de bisulfito de sodio. Agitar a temperatura ambiente. Si la temperatura aumenta, entonces hay reacción si no, agregar más bisulfito. Si hay Mn, Cr, Mo ajustar a pH 7 y tratar con cloruro para precipitar y enterrar en relleno sanitario. Destruir exceso, neutralizar y tirar al lavadero.

12: El material debe ser disuelto en agua, solución ácida u otro en estado soluble y precipitar como sulfuro al ajustar el pH a un estado insoluble y disponerlos como desechos peligrosos. Destruir exceso de sulfuro con hipoclorito.

16: igual que 12 pero con sólidos para disposición de desechos a relleno sanitario.

ANEXO D

Tabla D.1

Incompatibilidad de corrientes de desechos del laboratorio
químico-agrícola

Compuesto/corriente	Compuesto/corriente
Cromatos	Ácido nítrico
Dicromatos	Metales
Sulfuros	

ANEXO E

Tabla E.1
Cantidades desechadas actualmente de cada tipo de químico
en cada corriente

No.	Componente	Concentración (mg/l)	Cantidad (mg o ml/L/mes)
1	Sulfato de plata	0.0850	2.805
	Sulfato de aluminio	0.4250	14.0250
	Ácido sulfámico	0.0625	2.0625
	Ácido bórico	0.0325	1.0725
2	Dicromato de potasio	15705.61	256448
	Ácido sulfúrico		
	Ácido fosfórico		
	Difenilamina	133	10640
	Sulfato de amonio y hierro	50194	4015516
3	Fluoruro de amonio	555	11100
	Nitrato de amonio	20000	4000000
	EDTA	292	5840
	Ácido nítrico	819	16380
	Ácido acético	9600	192000
4	HCl 6N		
5	Ácido sulfúrico		
	Sulfato de cobre	16	480
	Sulfato de potasio	1800	54000
	Selenio	20	600

NOTA: datos calculados con un promedio de 1100 muestras / mes con 80
suelos y 300 plantas.

ANEXO F

Cálculo del costo y operación del equipo para el
tratamiento del efluente del laboratorio químico-agrícola

Costo del equipo e instalación

PROCESO

1 Tanque de neutralización	Q. 18,300.00
1 Tanque clarificador	Q. 18,300.00
1 Campana de extracción de gases	Q. 12,000.00
1 Tanque de dilución	Q. 1,500.00
1 Medidor de pH	Q. 3,800.00

ALMACENAMIENTO

Construcción de área de almacenamiento	Q. 6,000.00
9 envases de poliuretano	Q. 1,800.00
1 extinguidor	Q. 600.00
2 toneles de poliuretano	Q. 200.00

INSTALACIONES AUXILIARES

Conexión del equipo a la red de drenaje	<u>Q. 2,500.00</u>
	Q. 61,700.00

Costo de operación/mes**TRATAMIENTO**

Cal	Q.	20.00
Sulfuro de sodio	Q.	20.00
Equipo de seguridad	Q.	20.00
Personal	Q.	360.00

DISPOSICIÓN

Cemento	Q.	30.00
Arena	Q.	30.00
Personal	Q.	100.00
Análisis del efluente	Q.	300.00
	Q.	<u>900.00</u>

ANEXO G

Lineamientos generales para un sistema de tratamiento de desechos de un laboratorio

IDENTIFICACIÓN DE DESECHOS.

La etiqueta debe contener la suficiente información para asegurar un manejo, transporte y almacenamiento adecuado y seguro. Como una buena práctica de laboratorio, los reactivos que se preparen en el laboratorio se deben identificar adecuadamente y conocer el tipo de material que se está manejando. Se sugiere la siguiente etiqueta:

Solución:	_____
Concentración:	_____
Fecha de preparación:	_____
Preparado por:	_____
Matriz:	_____
Forma de desecho:	_____
Precauciones especiales:	_____

Al clasificar los desechos y para la segregación de los mismos, se deben tomar en cuenta los reactivos y mezclas de reactivos que se tienen como desecho, para indicarlas precauciones especiales a tomar para su disposición, dependiendo de las características de los mismos.

Cuando se encuentre una solución ~~o desecho~~ sin la debida identificación, se deberán realizar pruebas cualitativas para determinar el tipo de material de que se trata. Esto debe hacerse por una persona con conocimientos de química y todos los resultados de estas pruebas deben documentarse adecuadamente y según regulaciones locales o políticas de la empresa.

Otro aspecto importante en la segregación es tomar en cuenta la incompatibilidad química para evitarlas y poder poner en peligro la salud del personal del laboratorio.

SEGREGACIÓN / RECOLECCIÓN DE DESECHOS

Después de la adecuada identificación y clasificación de los productos químicos se tiene que tomar en cuenta como se va a realizar el almacenaje de los mismos, o bien si se dispondrán de ellos inmediatamente.

Para los laboratorios, se recomienda que sean los analistas los encargados de los desechos generados por ellos mismos. Generalmente ninguno de éstos es posible disponerlos directamente en el drenaje del laboratorio.

El volumen de desechos que se genera en un laboratorio no es muy alto, por lo que se recomienda recolectarlos en botes de poliuretano debidamente segregados y rotulados.

Después de que los desechos sean dispuestos, esos rótulos serán archivado (con la fecha de disposición). También se deben archivar los resultados de los parámetros analizados en las muestras del efluente final, para chequera y hacer constar que el porcentaje de remoción esperado es efectivo.

ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS

El tiempo de almacenamiento de los desechos, se recomienda tomando en cuenta la generación de los desechos y el tiempo necesario para hacer el tratamiento y disposición de los mismos.

El área para el almacenamiento deberá cumplir con los siguientes requisitos:

1. La división entre cada tipo de reactivo debe ser de paredes de concreto.
2. Debe tener un sistema de desagüe controlado (que no descargue directamente al desagüe municipal, en caso de un derrame).
3. Deberá contar con una disposición tal que facilite una limpieza adecuada.
4. Podrá construirse de laudillo, concreto o una combinación de ladrillo-concreto.

5. El piso debe ofrecer cierta adherencia al personal si puede tener contacto con el agua (superficie áspera, partículas ásperas en la superficie). Puede aplicarse una mezcla de látex o resina epóxica con arena para aumentar la resistencia al contacto. La unión del piso y la pared deberá ser impermeable y tendrá una curvatura correspondiente a una circunferencia de 15cm de radio, para facilitar la limpieza.
6. Además debe tener una pendiente mínima de 1-2cm por metro (2%) para el fácil desalojo y escurrimiento del agua hacia el drenaje.
7. La ventilación debe ser adecuada para evitar acumulación de vapores y un potencial accidente. Se recomienda un mínimo de 3 cambios de aire por hora.

Los desechos guardados en esta área también deben estar adecuadamente identificados. Se recomienda la siguiente identificación:

Desechos de:	_____
Precauciones especiales:	_____
Fecha de llenado:	_____
Fecha de disposición:	_____
Volumen:	_____
Responsable:	_____
Observaciones:	_____

INSPECCIONES AL AREA DE ALMACENAMIENTO

Cuando se realicen las inspecciones se debe contar con una lista de chequeo de condiciones que deben estar bajo control, tales como la condición de los recipientes, ventilación, carga del extinguidor. Se sugiere el siguiente formato. La frecuencia recomendada es de una vez al mes.

**LISTA DE CHEQUEO PARA PUNTOS DE CONTROL
SISTEMA DE DISPOSICIÓN DE DESECHOS**

Inspección No.

Fecha:

Realizada por:

Cargo:

	si	no
Identificación completa de los envases	_____	_____
Recipientes en buen estado	_____	_____
Ventilación adecuada	_____	_____
Extinguidor con carga	_____	_____
Archivos de disposición al día	_____	_____
Archivos de muestras al día	_____	_____
Instalaciones en buen estado general	_____	_____

Observaciones / comentarios:

ANEXO H

COTIZACIÓN DEL EQUIPO

ANEXO I

REGLAMENTO DE REQUISITOS MÍNIMOS Y SUS LÍMITES MÁXIMOS
PERMISIBLES DE CONTAMINACIÓN PARA LA DESCARGA DE AGUAS
SERVIDAS

ANEXO J

GLOSARIO DE TERMINOS

1. **Anfótero:** compuesto que puede neutralizar tanto como ácido como bases.
2. **EPA:** Environmental Protection Agency. Agencia Protectora del Medio Ambiente, del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica.
3. **Carbón activado:** una forma de carbón altamente absorbente utilizado para remover olores y sustancias tóxicas de emisiones líquidas y gaseosas.
4. **Lodos activados:** lodos que resultan cuando un efluente primario es mezclado con lodos cargados con bacterias y luego agitado y aireado para promover la acción biológica. Esto agiliza el rompimiento del material orgánico en aguas de alcantarillado que sufrirán un tratamiento posterior.
5. **Aireación:** proceso que promueve la degradación biológica de la materia orgánica en el agua. El proceso puede ser pasivo (exposición al aire) o activo (cuando se mezcla burbujeando el agua).
6. **Tanque de aireación:** recipiente utilizado para inyectar aire en el agua.

7. **Contaminante:** cualquier sustancia o materia física, química, biológica o radiológica que tiene un efecto adverso en el aire, agua o suelo.
8. **Corrosivo:** agente químico que reacciona con un efecto adverso en el aire, agua o suelo.
9. **Degradación:** proceso por el cual un químico es reducido a una forma menos compleja.

COMISION NACIONAL DEL
MEDIO AMBIENTE
-CONAMA-

REGLAMENTO DE REQUISITOS
MINIMOS Y SUS LIMITES
MAXIMOS PERMISIBLES DE
CONTAMINACION PARA LA
DESCARGA DE AGUAS
SERVIDAS



COMISION NACIONAL DEL
MEDIO AMBIENTE
- CONAMA -

REGLAMENTO DE REQUISITOS MINIMOS
Y SUS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE
CONTAMINACION PARA LA DESCARGA DE
AGUAS SERVIDAS.

PALACIO NACIONAL

ACUERDO GUBERNATIVO NUMERO 60-89
EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO

Que es deber del Estado velar por la protección de la calidad del agua para los diferentes usos de la misma necesarios para la población, la agricultura, ganadería e industria.

CONSIDERANDO:

Que para asegurar los usos del agua debe establecer los límites permisibles de contaminación y emitir las disposiciones legales para su protección y para el tratamiento adecuado de las aguas servidas o contaminadas, para que no sobrepasen tales límites y cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental;

POR TANTO:

En uso de las facultades que le confiere el Artículo 183. Inciso c) de la Constitución Política de la República de Guatemala, y el Artículo 15, inciso b), c), d) y k) de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto Número 68-86 del Congreso de la República:

ACUERDA:

El siguiente:

"REGLAMENTO DE REQUISITOS MINIMOS Y SUS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINACION PARA LA DESCARGA DE AGUAS SERVIDAS.

CAPITULO I

DEL OBJETO

Artículo 1o. El presente Reglamento tiene por objeto establecer los límites de contaminación permisibles para las descargas de aguas servidas o de desecho, procedentes de las industrias, explotaciones agropecuarias y municipalidades del país, en los cuerpos receptores de aguas superficiales, subterráneas o costeras, quienes deberán, previo a dicha descarga, someter tales aguas a un proceso purificador para eliminar su efecto contaminante y poder así mantener la calidad de agua. La aplicación del

presente Reglamento será competencia de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Artículo 29. Se considerarán dos tipos de descarga de aguas servidas, a saber:

- a) **DESCARGA DIRECTA**, o sea la que va directamente de la entidad generadora, al cuerpo de agua receptor.
- b) **DESCARGA INDIRECTA**, es la de aquellas entidades generadoras en las que su sistema de afluentes está conectado al sistema público de alcantarillado.

Los requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas, se exigirán a los dos tipos de descarga.

Artículo 30. Se prohíbe la descarga directa o indirecta de aguas servidas de procedencia municipal, industrial o agropecuaria, a los cuerpos de agua receptores si su contenido de desechos contaminantes no está dentro de los requisitos mínimos y límites máximos permisibles de contaminación aquí establecidos, según su procedencia.

Artículo 40. Para los descargadores indirectos, son las municipalidades las encargadas de velar por el cumplimiento de los requisitos mínimos aquí establecidos, que les correspondan según su clasificación.

CAPITULO II

DE LAS AGUAS SERVIDAS MUNICIPALES

Artículo 50. Para la descarga directa de aguas servidas provenientes de las municipalidades, en cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos y costeros, se deberá cumplir con los requisitos mínimos aquí establecidos.

Artículo 60. Las aguas municipales de desecho recogidas mediante sistema de desagüe, podrán descargarse directamente en los cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos o costeros, siempre y cuando su procedencia original sea de:

- a) Origen doméstico y de instalaciones adaptadas, para fines comerciales cuya actividad haya sido previamente corregida por medio de procesos químicos o biológicos.
- b) Las que sean vertidas por personas individuales.
- c) Las provenientes de centros clínicos y hospitalarios, albergues, hoteles y restaurantes, cuya actividad haya sido previamente corregida por medio de procesos químicos o biológicos.
- d) Las provenientes de establecimientos comerciales cuyas instalaciones hayan sido especialmente construidas para el efecto, pero con un sistema de desagües similar al doméstico, previo el tratamiento

correspondiente indicado en el inciso a) anterior.

- e) Las que hubieren sido tratadas en plantas fluviales.

Artículo 70. La descarga de agua servidas de las procedencias indicadas en el Artículo 60, en caudales mayores de 8m³ (ocho metros cúbicos) por día, deberán previamente cumplir con los límites máximos permisibles de contaminación, establecidos en el Cuadro I, que a continuación aparece:

CUADRO (I)

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINACION PARA LA DESCARGA DE LAS AGUAS SERVIDAS MUNICIPALES

Muestras	Sólidos Sedimentables	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) después de 5 días
Muestra, tomada al azar, máximo	1.0 ml/l		
Muestra, mezcla de 2 hrs. máximo	1.0 ml/l	500 mg/l	250 mg/l
Muestra, mezcla de 24 hrs. máximo	1.0 ml/l	450 mg/l	200 mg/l

*Los valores para DQO Y DBO₅ no tienen significación para muestras tomadas al azar.

CAPITULO III

DE LAS AGUAS SERVIDAS DE INDUSTRIAS DE ALIMENTOS

Artículo 80. Para la descarga directa de aguas servidas provenientes de las industrias procesadoras de alimentos de las ramas de cervecería, productos lácteos, aceites y grasas, frutas y verduras, papa, jugos, maniscos, carnes, bebidas alcohólicas y otras similares, en los cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos y costeros, deberá previamente cumplirse con los requisitos mínimos y sus respectivos límites máximos permisibles de contaminación, establecidos en el Cuadro II que a continuación aparece:

CUADRO DOS (II)
 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINACION F. A LA DESCARGA
 DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

INDUSTRIA	MUESTRAS	Sólidos Sedimentables (ml)	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Demanda Bioquímica de Oxígeno desp. de 5 días mg/l DBO 5
1.1 CERVECERIAS	Muestra tomada al azar máximo	5.0		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		1 800	1 000
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		1 600	900
1.2 PROCESADORAS DE PRODUCTOS LACTEOS	Muestra tomada al azar; máximo	1.0		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		2 000	1 000
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		1 800	900
1.3 PROCESADORAS DE ACEITE Y GRASAS	Muestra tomada al azar; máximo	0.5		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		500	
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		4 500	

CUADRO II
 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINACION PARA LA DESCARGA
 DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

INDUSTRIA	MUESTRAS	Sólidos Sedi mentables (ml)	Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l)	Demanda Bioquímica de Oxígeno desp. de 5 días. mg/l DBO 5
1.4 FRUTAS Y VERDURAS PROCESADORAS DE	Muestra tomada al azar máximo	0.5		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		800	500
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		700	450
1.5 DE PAPA PROCESADORAS	Muestra tomada al azar; máximo	1.0		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		8 000	5 000
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		7 000	4 000
1.6 DE JUGO PROCESADORAS	Muestra tomada al azar; máximo	0.5		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		800	500
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		700	450

Artículo 99. Los límites máximos permisibles de contaminación establecidos en el Artículo 60, no se aplican a las descargas de aguas de enfriamiento y a las que arrojen una carga menor de 3 Kg (tres kilogramos) por día de DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días), procedentes de la industria de alimentos.

CAPITULO IV

DE LAS AGUAS SERVIDAS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA DEL BENEFICIADO HUMEDO DEL CAFE.

Artículo 100. Para la descarga directa de las aguas servidas provenientes de la industria del beneficiado húmedo de café en cuerpos de aguas receptores superficiales, subterráneos y costeros, se deberá previamente cumplir con los requisitos mínimos y sus respectivos límites máximos permisibles de contaminación, establecidos en el Cuadro III que a continuación aparece:

CUADRO TRES (III)

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINACION PARA LA DESCARGA DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA INDUSTRIA DEL BENEFICIADO HUMEDO DEL CAFE

INDUSTRIA	MUESTRAS	Sólidos Sedimentables	Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/l	Demanda Bioquímica de Oxígeno desp. de 5 días.
1.7 Y PRODUCTOS DE PESCADO PROCESADORAS DE PESCADEROS	Muestra tomada al azar máximo	1.0		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		900	600
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		750	500
1.8 PROCESADORAS DE CARNE	Muestra tomada al azar. máximo	1.0		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		900	600
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		750	500
1.9 PROCESADORAS DE ALCOHOL	Muestra tomada al azar. máximo	0.5		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		45 000	40 000
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		40 000	30 000

MUESTRA	Sólidos sedimentables ml/l	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/l	Demanda Bioquímica de Oxígeno, después de 5 días. DBO 5
1.10	Libre de pulpa	3 000	
BENEFICIADO HUMEDO DE CAFE	Libre de pulpa	2 500	
	Libre de pulpa	2 500	

CAPITULO V

DE LAS AGUAS SERVIDAS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZUCAR.

Artículo 11o. Para la descarga directa de las aguas servidas provenientes de la industria de la caña de azúcar (ingenios azucareros), en cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos y costeros, se deberá previamente cumplir con los requisitos mínimos y sus respectivos límites máximos permisibles de contaminación, establecidos en el Cuadro IV, que a continuación aparece:

CUADRO CUATRO (IV)

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINACION PARA LA DESCARGA DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZUCAR

INDUSTRIA	MUESTRA	Solidos sedimentables ml/l	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/l	Demanda Bioquímica de Oxígeno, después de 5 días, DBO ₅ mg/l
PROCESADORAS DE CAÑA DE AZUCAR	Muestra tomada al azar, máximo	0.5		
	Muestra promedio de 2 hrs. máximo		45 000	40 000
	Muestra promedio de 24 hrs. máximo		40 000	30 000

CAPITULO VI

DE LAS AGUAS SERVIDAS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA PROCESADORA DE METALES Y DE OTRAS QUE EMPLEEN SALES METALICAS.

Artículo 12. Para la descarga directa de aguas servidas que contengan contaminantes metálicos y sales metálicas, en cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos o costeros, de procedencia de la industria galvánica, galvanoplástica, bronceado, templado, limpieza de superficies con ácidos, tratamientos de zincado al fuego, fabricación de acumuladores y baterías, industria de esmaltado, de forjado, de pinturas y de otras similares, es necesario previamente cumplir con los requisitos mínimos de tratamiento y quedar por debajo de los límites máximos permisibles de contaminación, establecidos en el Cuadro V, que a continuación aparece:

CUADRO CINCO

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINACION PARA LA DESCARGA DE LAS AGUAS SERVIDAS PROVENIENTES DE LAS INDUSTRIAS PROCESADORAS DE METALES Y DE OTRAS QUE EMPLEEN SALES METALICAS

INDUSTRIAS	MUESTRAS MEZCLADAS POR DOS HORAS											
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.1		
	Galvánicas		Limpieza con ácidos	Galvanoplastia		Bronceado	Zincado al Fuego	Templado	Acumuladores y de Baterías	Esmaltado	Forjado	Pinturas
Sólidos sedimentables	mg/l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Densidad Química de Oxígeno	mg/l	1200	200	200	400	400	1500	500	200	1500	1500	1500
Cadmio, como Cd	mg/l	10			0.2			0.4	0.1			1.0
Mercurio, como Hg	mg/l							0.1				
Aluminio, como Al	mg/l	6	6	6					4	6	6	6
Nitrógeno Amomiacal	mg/l	200			8.0			300	40	600		
Bario, como Ba	mg/l					4						
Pomo, como Pb	mg/l	2						4	2	2	2	2
Cloro, como Cl	mg/l	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0						
Cromo total, como Cr	mg/l	4	2	2	2	2			4	2	2	2
Cromo VI	mg/l	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			1.0	1.0	1.0	1.0
Cianuro, como CN	mg/l	0.4				2				0.4		
Hierro, como Fe	mg/l	6	6	6	6	6		6	6	6	6	6
Fluoro, como F	mg/l	100	40	100	100	100			100	60		
Cobre, como Cu	mg/l	4	4					4	4	2	4	4
Niquel, como Ni	mg/l	6	4	4	4	4		6	4	2	2	2
Nitrógeno de Nitros	mg/l		20	10	20		10		10	20		
Sulfuro	mg/l											
Zinc, como Zn	mg/l	10	10	6	10	10		10	4	6	6	6
Hidrosulfuros	mg/l	20	20	20	20	20		20	20	20	20	20
Pleta, como Ag	mg/l	0.2						0.2				
Cobalto, como Co	mg/l								2			

Artículo 139. Los requisitos mínimos y los límites máximos permisibles de contaminación establecidos en el artículo 120., no se aplican a las descargas de agua de enfriamiento procedentes de las industrias que contengan contaminantes metálicos o sales metálicas.

Artículo 140. Para efectos de poder quedar por debajo de los límites máximos permisibles de contaminación establecidos en el artículo 120., se permite la adición de sustancias químicas a los tanques del proceso de sedimentación de dos horas.

CAPITULO VII

DE LAS AGUAS SERVIDAS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA DE LA TENERIA

Artículo 150. Para la descarga directa de las aguas servidas provenientes de la industria de la tenería en cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos y costeros, se deberá previamente cumplir con los requisitos mínimos y sus respectivos límites máximos permisibles de contaminación, establecidos en el Cuadro VI que a continuación aparece:

CUADRO SEIS (VI)

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINACION PARA LA DESCARGA DE LAS AGUAS SERVIDAS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA DE LA TENERIA

TIPO DE MUESTRA	SOLIDOS SEDIMENTABLES ML/l	VALOR PH	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO mg/l DQO
Muestra al azar; máximo	1.0	5-8	
Muestra mezclada 2 hrs; máximo		6-8	
Muestra mezclada 24 hrs; máximo			

1) Puede lograrse mediante una sedimentación de 2 horas.

2) Puede lograrse mediante la adición de sustancias químicas al tanque de sedimentación.

Artículo 16o. Los límites máximos permisibles de contar con contaminación, establecidos en el Artículo 15o., no se aplican a las descargas de aguas en enfriamiento procedentes de la industria de la tenería.

CAPITULO VIII

DEL MONITOREO Y CONTROL DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO Y DEL MANEJO DE LODOS

Artículo 17o. Un monitoreo, análisis y control de los parámetros establecidos en los artículos 7, 8, 10, 11, 12 y 15, debe efectuarse de tres a cinco veces por año de conformidad con los métodos establecidos por las Normas Guatemaltecas COGUANOR correspondientes; o falta de las mismas, por las Normas Centroamericanas (CAIT) correspondientes; o falta de las mismas, por las Normas Norteamericanas para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho de la American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA), y la Water Pollution Control Federation (WPCF).

Artículo 18o. Para el monitoreo, análisis y control de las aguas servidas, de las plantas de tratamiento y del manejo de lodos, la Comisión Nacional del Medio Ambiente autorizará a laboratorios de la Universidad de San Carlos de Guatemala y de las entidades del Estado; igualmente a laboratorios privados, a laboratorios de Universidades privadas y de organismos regionales, siempre que llenen los requisitos necesarios en cuanto al personal y equipos, quienes deberán extender certificación de los resultados y del procedimiento seguido para obtenerlos, siendo legalmente responsables de la veracidad de los mismos.

Artículo 19o. Todas las Municipalidades del país y las industrias aquí clasificadas, deberán establecer su sistema o planta de tratamiento de aguas servidas, dentro de los dos años siguientes a la vigencia de este Reglamento.

Artículo 20o. Si por causas justificadas no fuere posible cumplir con lo establecido en el Artículo 19o. todas las municipalidades del país, las industrias aquí clasificadas y otras similares, deberán como mínimo contar con un tanque de sedimentación en donde las aguas servidas permanezcan por un lapso de por lo menos dos horas antes de descargarse o aplicar un método equivalente. En todo caso, las aguas servidas serán descargadas únicamente después de la remoción adecuada de los lodos sedimentados y si cumplen con los límites máximos permisibles de contaminación establecidos en los Cuadros I, II, III, IV, V y VI de este Reglamento.

Artículo 21o. Los lodos removidos deberán ser manejados y finalmente

depositados en lugares sanitariamente apropiados y autorizados, usando para ello la tecnología existente y disponible.

Artículo 22o. Las acciones u omisiones que contravengan las disposiciones de este Reglamento, se conocerán aplicando el Título V, Capítulo Único, de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto número 68-86 del Congreso de la República.

Artículo 23o. El presente Reglamento empezará a regir ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

PALACIO NACIONAL, 7 DE FEBRERO 1989

COMUNIQUESE

MARCO VINICIO CEREZO AREVALO

Lic. LUIS FELIPE POLO LEMUS
Secretario General de la
Presidencia de la República

Dr. CARLOS GEHLERT MATA
Ministro de Salud Pública
y Asistencia Social.

To HR Manager Senora Magnolia Rosales
From Ing. David Noriega

To your benefit my successful application would bring to the Shell oil company a young and resourceful engineer that would bring a growing knowledge base of Electrical power management and maintenance skills.

You would have in your company someone with dedicated family morals and strong team leadership standards.

To my benefit, I would be able to gain advance skills with a company of the worldwide caliber of the Shell Oil.

I am sure that after you examine my resume my qualifications will stand out and be of interest to you and Shell Oil.

I consider myself a person qualified to accept new challenges and surrendered to the work, since these qualities have offered me the opportunity to grow in a quick way. Qualities like dedication, effort, superación desire and work in team have been worth me to culminate with success the constant challenges in my life. The maintenance area requires since of these qualities of them the success of the department it depends and consequently that the company works in a more efficient way.

