

**Universidad de Costa Rica**

**Sede de Occidente**

**Práctica Dirigida para optar por el grado de Licenciado en  
Laboratorista Químico**

Modalidad Práctica Dirigida

Diseño de una propuesta para el manejo adecuado de los residuos químicos en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, Sede Atenas

**Ayleen Molina Chinchilla**

**2022**

## HOJA DE APROBACIÓN

Este informe de práctica dirigida fue aceptado por el Tribunal Examinador del Trabajos Finales del Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Laboratorista Químico.

Diseño de una propuesta para el manejo adecuado de los residuos químicos en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, Sede Atenas.

Aprobado por:

Esteban Pérez López  
Presidente del Tribunal



---

Laura Vindas Angulo  
Miembro del Tribunal



---

Máster Paola Meléndez León  
Directora de Tesis



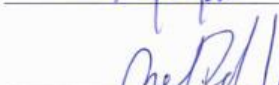
---

Lic. Marvin Bogantes Jiménez  
Miembro Lector



---

Máster Nelson Rodríguez Murillo  
Miembro Lector



---



---

Sustentante  
Ayleen Molina Chinchilla

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme cumplir mis metas.

A mi hija, Aylanna, por ser mi motor e impulso para ser mejor mamá y profesional.

A mi esposo por el apoyo y amor brindado durante este proceso.

A mi abuela, Marta, y mi papá por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

Sin cada uno de ustedes no habría sido posible alcanzar esta meta.

## TABLA DE CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TABLA DE CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN.....	x
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 ANTECEDENTES.....	4
<b>1.3.1 Contexto Internacional.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.2 Contexto Nacional.....</b>	<b>8</b>
1.4 OBJETIVOS.....	9
<b>1.4.1 Objetivo General.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>10</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
2.1 IMPACTO EN EL AMBIENTE Y LA SALUD DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS.....	12
2.2 POLÍTICAS.....	13
<b>2.2.1 Políticas internacionales.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2 Normativa nacional sobre la Regulación de Residuos.....</b>	<b>14</b>
2.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS EN CENTROS DE ENSEÑANZA.....	15
2.4 CLASIFICACIÓN.....	17
2.5 ALMACENAMIENTO.....	19
2.6 TRATAMIENTO.....	21
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>22</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	22

3.2	DESARROLLO DEL DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS EN EL LABORATORIO .....	23
<b>3.2.1</b>	<b>Inspección</b> .....	23
3.3	CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN CADA PRÁCTICA DE LABORATORIO IMPARTIDAS DE LOS CURSOS ESTABLECIDOS .....	24
3.4	ELABORACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS ADECUADOS PARA LA CLASIFICACIÓN, RECOLECCIÓN, ETIQUETADO, ALMACENAMIENTO TEMPORAL Y TRANSPORTE .....	28
<b>3.4.1</b>	<b>Clasificación de Residuos</b> .....	28
3.5	ETIQUETADO Y UBICACIÓN DE LOS RECIPIENTES.....	30
3.6	ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS .....	30
3.7	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE .....	31
3.8	PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE CIENCIAS BÁSICAS DE LA UTN, SEDE ATENAS.....	31
<b>3.8.1</b>	<b>Tratamiento y disposición final de residuos químicos</b> .....	32
3.9	OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES ENCONTRADAS.....	33
3.10	FACTORES QUE FACILITARON EL TFG.....	33
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	34
4.1	DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS EN EL LABORATORIO.....	34
<b>4.1.1</b>	<b>Inspección</b> .....	34
4.2	CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN CADA PRÁCTICA DE LABORATORIO IMPARTIDA EN LOS CURSOS ESTABLECIDOS.....	36
<b>4.2.1</b>	<b>Estudio de las guías de laboratorio</b> .....	36
4.3	ELABORACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS ADECUADOS PARA LA CLASIFICACIÓN, RECOLECCIÓN, ETIQUETADO, ALMACENAMIENTO TEMPORAL Y TRANSPORTE .....	39
<b>4.3.1</b>	<b>Clasificación de Residuos</b> .....	39

4.4	PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE CIENCIAS BÁSICAS DE LA UTN SEDE ATENAS.....	45
4.4.1	Tratamiento o desecho de residuos .....	45
5.	<b>DISCUSIÓN</b> .....	47
6.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	56
6.1	CONCLUSIONES .....	56
6.2	RECOMENDACIONES.....	57
	<b>REFERENCIAS</b> .....	58
	<b>ANEXOS</b> .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa satelital de la Universidad Técnica Nacional, la flecha roja indica la ubicación del conjunto de Laboratorios de Ciencias Básicas y las flechas azules la distribución de los laboratorios 106 y 107 respectivamente. ....	23
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de reactivos según su clasificación química generados en los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas .....	40
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de residuos químicos por clasificación generados en los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas .....	41
<b>Figura 4.</b> Cantidad de reactivos utilizados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas .....	42
<b>Figura 5.</b> Cantidad de residuos generados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas .....	43
<b>Figura 6.</b> Resumen de la propuesta para el manejo integral de residuos generados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, en la sede Atenas .....	44

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación de residuos químicos peligrosos según el protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional.....	18
<b>Cuadro 2.</b> Cursos y grupos de laboratorio impartidos en el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional sede Atenas por cuatrimestre con cupo máximo de 16 estudiantes.....	25
<b>Cuadro 3.</b> Puntuación desarrollada para asignar a los reactivos y residuos según escala de puntuación realizada donde la magnitud de dicha puntuación se relaciona con la peligrosidad los pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado indicados en las hojas de seguridad (MSDS) de los reactivos que fueron clasificados en este estudio .....	27
<b>Cuadro 4.</b> Escala resultante para agrupar los reactivos y residuos con base en el puntaje obtenido, según la puntuación desarrollada en esta investigación, con el fin de agruparlos de acuerdo con el tipo de peligro que representa .....	28
<b>Cuadro 5.</b> Estado del cumplimiento de aspectos de clasificación, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos químicos en los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional sede Atenas según Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos N° 41527-S-MINAE .....	34
<b>Cuadro 6.</b> Hallazgos respecto a los diez reactivos más utilizados por todos los cursos y grupos en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, en un año lectivo .....	36
<b>Cuadro 7.</b> Hallazgos respecto a los diez residuos más generados por todos los cursos y grupos en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, en un año lectivo .....	37
<b>Cuadro 8.</b> Puntuación obtenida de los reactivos más peligrosos detectados en los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN, sede Atenas, según las hojas de	



seguridad (MSDS) utilizadas por la totalidad de cursos impartidos en los laboratorios por año lectivo (Ver apartado 3.3).....	38
<b>Cuadro 9.</b> Propuesta de tratamiento para los residuos químicos generados en los Laboratorios de ciencias Básicas de la UTN, Sede Atenas .....	45

## RESUMEN

La Universidad Técnica Nacional en la sede Atenas no cuenta con una propuesta para el manejo adecuado de los residuos químicos generados en los laboratorios de química, lo que puede ocasionar impactos negativos sobre la salud del personal que se encuentra expuesto, como estudiantes y docentes, además de diversos impactos ambientales negativos por su vertimiento directo al alcantarillado.

El objetivo de este trabajo es diseñar una propuesta para el manejo integral de residuos generados en los cursos de química y dar una gestión integral a las sustancias químicas en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional (UTN), Sede Atenas.

La metodología utilizada contempla el estudio de las guías de laboratorio que se utilizan para impartir los cursos de Química de Alimentos I y II, Química Orgánica, Química General y Química Analítica, el diagnóstico actual del manejo de residuos químicos con una visita a las instalaciones y una lista de verificación, la clasificación y separación de residuos, el etiquetado y ubicación de los recipientes, el almacenamiento temporal de los residuos y el tratamiento o desecho de estos residuos químicos generados en cumplimiento de la normativa nacional.

Entre los resultados más importantes resaltan la clasificación de los residuos químicos en seis grupos: grupo i: disolventes orgánicos no halogenados, grupo ii: disolventes orgánicos halogenados, grupo iii: ácidos, grupo iv: disoluciones acuosas Básicas, grupo v: disoluciones acuosas inorgánicas y grupo vi: compuestos de metales pesados. Además, se realizó una propuesta para el manejo integral de residuos generados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional en la sede Atenas.

De esta investigación se concluye que los residuos químicos generados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN sede Atenas, no han sido regulados por ninguno de los departamentos o programas de la universidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los laboratorios químicos, se manejan productos químicos y se efectúan diversas prácticas que conllevan la generación de residuos, que en la mayoría de los casos son peligrosos para la salud y el medio ambiente (Estrada y Villanueva, 2015). Los residuos generados pueden ser clasificados utilizando diferentes criterios como: el estado físico, el origen del desecho, el tipo de tratamiento al que serán sometidos y los efectos potenciales derivados del manejo de dichos residuos (Mora y Benavides, 2011).

El Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional (UTN) genera residuos químicos y en la institución, actualmente, no existe un protocolo para el manejo de residuos químicos. Lo cual, además de representar una problemática ambiental y de seguridad laboral, no contribuye a la formación que el estudiantado recibe en dicho centro de estudios.

En este sentido, la Ley para la Gestión integral de residuos, en su artículo 3 señala que “es de observancia obligatoria para todas las personas, físicas o jurídicas, públicas o privadas, generadoras de residuos de toda clase, salvo aquellos que se regulan por legislación especial” (Ley N°8839, 2010). De igual manera, el artículo 14 de dicha Ley indica que todo generador debe contar y mantener actualizado un programa de manejo integral de residuos (Ley N°8839, 2010).

Por lo tanto, en el presente trabajo se va a realizar una propuesta para implementar un manejo integral de los residuos químicos peligrosos generados en los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, producto de la enseñanza. El adecuado sistema de manejo de residuos peligrosos incluye las etapas de: generación, acumulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final (Decreto 27001, 1998).

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Laboratorio de Ciencias Básicas de la UTN, Sede Atenas, no existe un protocolo para el manejo de los residuos químicos, este almacenamiento se acumula por años puesto que no existe ningún plan de manejo, lo anterior posiblemente debido al rápido crecimiento de la universidad que conlleva a un aumento en la generación de residuos por la cantidad de matrícula, lo cual provoca problemas de espacio, además de la amenaza a la salud humana y al ambiente que pueden ocasionar. Por lo explicado, se requiere la creación e implementación de un protocolo para la gestión en el manejo de los residuos químicos según lo demanda la Ley N° 8839, Ley para la gestión integral de residuos publicada en el 2010, la cual indica, en su artículo 14, que todo generador debe contar con un manejo integral de residuos.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La Universidad Técnica Nacional en los últimos 10 años ha registrado un crecimiento de 2500 estudiantes, desde su apertura en el 2008, a 13500 estudiantes en su décimo aniversario celebrado en el 2018 (Noguera, 2018). El crecimiento en matrícula también implica un aumento en la cantidad de cursos y grupos que se abren. Esto implica un aumento en el uso de los laboratorios y en la generación de residuos peligrosos.

Es preocupante que dichos residuos no tengan un manejo responsable y una adecuada gestión para evitar daños severos al ambiente y a la salud humana, es por esto, que con el fin de conservar la salud humana y la del ambiente; asimismo, tomando en cuenta que el papel de las universidades es fundamental para resolver

esta problemática (Carvajal y Salas 2004), se debe contar con un plan de manejo de residuos, ya que como se mencionó anteriormente no existe ninguno.

En los laboratorios de enseñanza de la UTN Sede Atenas en el Departamento de Ciencias Básicas se imparten los cursos de Laboratorio de Química General, Laboratorio de Química Orgánica, Laboratorio de Química Analítica, Laboratorio de Química de Alimentos I y II, cada curso se abre con un cupo máximo de 16 estudiantes, debido a que es el número recomendado por la comisión de Ciencias Básicas de la universidad, justificado por el espacio físico de los laboratorios.

El laboratorio de Ciencias Básicas de la UTN, al no contar con un protocolo para el manejo de residuos químicos, podría estar incumpliendo con la Ley para la gestión integral de residuos, en donde el artículo 3, por ejemplo, habla sobre la observancia obligatoria para todas las personas, físicas o jurídicas, públicas o privadas, generadoras de residuos de toda clase, salvo aquellos que se regulan por legislación especial (Ley N°8839, 2010). De igual manera, el artículo 14 indica que todo generador debe contar y mantener actualizado un programa de manejo integral de residuos. En caso de que el programa incluya la entrega de residuos a gestores autorizados, el generador debe vigilar que estén autorizados para el manejo sanitario y ambiental de acuerdo con los principios de esta Ley (Ley N°8839, 2010). Además, la Institución incumple la ley al no contar con un programa de manejo de residuos peligrosos y se expone a las sanciones correspondientes por parte del Ministerio de Salud, ente autorizado para fiscalizar que se cumpla la ley y sus reglamentos.

Asimismo, al diseñar un protocolo para el manejo de residuos químicos peligrosos en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, Sede Atenas, se contribuirá a minimizar la contaminación, evitar perjuicios y daños a la salud de los trabajadores de la institución, así como cumplir con las

leyes y reglamentos establecidos en esta materia para evitar sanciones y posibles cierres de instalaciones por violación a la ley.

### 1.3 ANTECEDENTES

La disposición de residuos químicos producidos en laboratorios de análisis y de enseñanza es un tema de interés mundial, por la peligrosidad que genera el inadecuado almacenamiento para las personas en contacto con ellos. Por lo tanto, se debe disponer de métodos y procedimientos adecuados para hacer la recolección, el almacenamiento y el tratamiento adecuado de residuos químicos.

#### 1.3.1 Contexto Internacional

En el 2010, Nascimento y Filho, en el artículo titulado “Reducción del riesgo de residuos químicos e impacto ambiental generado por actividades de laboratorio en instituciones de investigación y enseñanza”, presentan posibles soluciones para disminuir el impacto ambiental generado por las instituciones de enseñanza, entre ellas mencionan las 3 R: Reducir, Reutilizar y Reciclar. Reducir el uso de reactivos y sustancias químicas y usar pequeñas cantidades. Reutilizar los materiales peligrosos almacenando correctamente los reactivos, soluciones y disolventes para usarlos varias veces. Reciclar por medio de filtración o destilación los residuos químicos para reutilizarlos. Como conclusión, los autores destacaron que la formación constante de profesores y estudiantes en materia de uso, almacenamiento y eliminación de residuos químicos es clave para reducir el impacto ambiental generado por los laboratorios de enseñanza.

En el 2015, Riascos y Tupaz efectuaron una investigación de trabajo final de graduación para la Universidad de Manizales en Colombia, titulado “Propuesta para el Manejo de Residuos Químicos en los Laboratorios de Química de la Universidad de Nariño”. Las autoras indican que no existe procedimiento para realizar una adecuada gestión de los residuos químicos generados en los laboratorios de química y se plantean como objetivo establecer procedimientos necesarios para un adecuado tratamiento desde la generación hasta el almacenamiento de residuos peligrosos.

La metodología empleada por las autoras se fundamentó en un diagnóstico por encuestas realizadas a 14 docentes, 7 técnicos de laboratorio y 596 estudiantes. También se recolectaron las guías de laboratorio para conocer el tipo de residuos y la cantidad que se genera. La encuesta permitió recolectar información sobre la generación, la segregación, la desactivación, el almacenamiento y la cantidad de residuos generados, así como las maneras para lograr minimizar los residuos, y el tratamiento según las posibilidades, la separación y correcta recolección, transporte y almacenamiento temporal de los residuos generados.

Como resultado se obtuvo evidencia de serias debilidades en la gestión y manejo de desechos peligrosos y la no existencia de procedimientos para la separación, la recuperación o la reutilización. Así, por ejemplo, solo el 50% de los estudiantes identifica algunos de los residuos químicos generados y un 79% de los encuestados no recibió ningún tipo de capacitación para el manejo y disposición adecuada de residuos químicos peligrosos (Riascos y Tupaz, 2015). Las autoras desarrollaron un protocolo para un correcto manejo de los residuos químicos peligrosos desde que se generan hasta su almacenamiento temporal.

En el artículo publicado por Estrada y Villanueva (2015) sobre el tema “Tratamiento de residuos peligrosos generados en laboratorios químicos” se refiere a los factores que participan en el tratamiento y disposición final de los residuos químicos. Se consideran variables como la peligrosidad y la toxicidad, entre otras.

Como parte del trabajo ellos recibieron de varios laboratorios residuos tóxicos en cajas con el listado de su contenido, los cuales fueron transportados a la planta de tratamiento donde se realizó la caracterización. Como la mayoría resultaron peligrosos por sus características, a saber, pesticidas, residuos orgánicos, inorgánicos muy tóxicos; o venenosos como los fosforados, cianuros, arsénicos y otros no identificados, se decidió tomar como tratamiento el encapsulado. Para el encapsulado el residuo es incorporado dentro de un material que lo aísla del ambiente, sin que ello implique necesariamente que los componentes se fijen químicamente al material utilizado para su confinamiento.

En su estudio sobre “Formulación de una propuesta metodológica para la gestión integral de residuos químicos peligrosos en instituciones de educación superior”, Vera (2015) realizó una propuesta para el manejo de residuos químicos peligrosos, en laboratorios de química general de la Universidad de Pamplona, Colombia. Vera (2015) realizó un diagnóstico descriptivo relacionado al manejo de los residuos, la clasificación según el tipo de desecho y características para cuantificar los residuos que se generan. Luego se les da el tratamiento a los residuos con base a sus características, la compatibilidad, la toxicidad, la peligrosidad, el volumen y el tipo de contaminación que genera. El autor logra disminuir el almacenamiento de residuos al utilizar la técnica de evaporación, la cual consiste en calentar la mezcla hasta el punto de ebullición de uno de los componentes y dejarlo hervir hasta que se evapore totalmente. Los otros componentes quedan en el envase. En el encapsulamiento, el residuo es incorporado dentro de un material que lo aísla del ambiente. Por su parte, la biorremediación se refiere a cualquier proceso que utilice microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para retornar a un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural y puede ser empleada para atacar contaminantes.

En el 2018, Rossi presentó el trabajo final de grado titulado “Evaluación de la gestión de residuos químicos generados en laboratorios del Departamento de



Química”. Dicha investigación consistió en un estudio de cómo se realiza la gestión de los residuos químicos peligrosos generados en la Universidad de San Agustín en Perú. Se realizó un diagnóstico de la situación de la gestión de residuos químicos. A partir de esta información, se sientan las bases para diseñar un plan de mejora de acuerdo con la legislación, y se encontraron resultados que van desde un 10% hasta un 31% de cumplimiento para el tema de control de impacto ambiental. Una de las causas para estos resultados es que los laboratorios ya no seguían los objetivos para los que fueron diseñados, es decir, se había cambiado el diseño e infraestructura de varios laboratorios y se tenían multiplicidad de enfoques.

Por otro lado, Palacios en el 2018, realizó una investigación como trabajo final de graduación en Ecuador que lleva como título “Proponer un plan para el manejo de residuos que se generan en el área de laboratorio de control de calidad en Cromascientific, S.A.”. Palacios (2018) contextualiza el problema y realiza un estudio de los residuos que se generan y de los tratamientos existentes, y examina las nuevas tecnologías que se están desarrollando para el tratamiento de las aguas residuales. Esto con el fin de eliminar o tratar los residuos en el momento que se generan en el laboratorio. Como resultado se obtiene que la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) genera impacto en el ambiente, ya que genera aguas residuales con 9000 ppm de solventes como metanol y acetonitrilo para análisis de principios activos. Para resolver este problema, el autor propone la adquisición de un equipo para desinfectar las aguas residuales por electrólisis.

Ojeda, en el 2018, investigó como trabajo final de graduación, la “Gestión de calidad en los laboratorios de química de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna en Perú”. En esta investigación descriptiva realizada en nueve laboratorios de química, se aplicó una hoja de chequeo validada por expertos. Los resultados obtenidos por Ojeda (2018) indican que las condiciones de bioseguridad y manejo de residuos sólidos corresponden a un 55.6 % y se consideró como regular.

### 1.3.2 Contexto Nacional

En el mismo sentido, Mora y Benavides (2011) realizaron un trabajo titulado “Clasificación de residuos químicos en los laboratorios de la Universidad Nacional”. Ellos elaboraron inventarios durante dos años para obtener información acerca de los tipos y cantidades de los residuos químicos que se manejaban. Con esta información se clasificaron y obtuvieron nueve tipos de residuos, a saber: ácidos, bases, orgánicos halogenados, orgánicos no halogenados, sales, sales tóxicas, sales oxidantes, soluciones con metales pesados, y desconocidos

Esto permite generar procedimientos para prevención del riesgo, tanto humano como ambiental, tales como: el desarrollo de temas de capacitación para las etapas de gestión de residuos, la compra y mantenimiento preventivo de equipos y materiales de seguridad, la aplicación de sistemas de segregación de residuos, y el uso de equipo de protección personal, entre otros.

A nivel nacional, también se han realizado investigaciones, para dar respuesta a la necesidad de gestionar un adecuado manejo a los desechos que se obtienen en los laboratorios de investigación y docencia y que son dañinos, tanto para las personas como para el ambiente. En una universidad existen varios tipos de laboratorios, ya sea de investigación o docencia con enfoques diferentes, por lo que es de suma importancia que se tenga una gestión adecuada para los residuos peligrosos que estos generan.

En el artículo “Gestión de desechos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional” realizado por Mora *et al.* (2012), los autores realizaron un diagnóstico de la manera en que se gestionan los desechos químicos en la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Ellos aplicaron cuestionarios, entrevistas y efectuaron visitas a los laboratorios para conocer de primera mano la realidad de estos sitios. Con la información, realizaron un inventario de reactivos químicos para conocer el tipo de residuos, el control de la cantidad de reactivo en

buen estado y la cantidad de reactivos vencidos que debían ser desechados. También involucraron al personal encargado de la gestión universitaria para proponer sesiones de trabajo.

Como conclusión, los autores lograron identificar el estado de la manipulación y gestión final de los desechos químicos en la universidad, dando como resultado que el personal del laboratorio es consciente de la gestión de los residuos por lo que se incorporan acciones como prevención y minimización de desechos. La cual consiste en evitar la generación de residuos desde la fuente de modificación en los procedimientos, el aprovechamiento y la valorización de residuos. Esto involucra el reuso y la recuperación de materiales con el fin de lograr un mayor ciclo de vida de los materiales.; sin embargo, se reconoce que la mayoría de los laboratorios de la UNA requiere mejorar procedimientos y gestiones para una buena manipulación de residuos.

En la UTN no existen ningún procedimiento ni protocolo para el manejo de los residuos peligrosos en ninguna de sus sedes, y a diferencia de muchos de los trabajos anteriormente mencionados, se debe partir de cero para diseñar un protocolo de manejo de residuos para los laboratorios de la sede Atenas.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 **Objetivo General**

Diseñar una propuesta para el manejo integral de residuos generados en los cursos de química y dar una gestión integral a las sustancias químicas en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional (UTN), Sede Atenas.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico en el manejo actual de los residuos en el laboratorio, como línea base para la elaboración de la propuesta.
- Caracterizar y cuantificar los residuos generados en cada práctica realizada en los Laboratorios de Ciencias Básicas, según la naturaleza, cantidades requeridas y compatibilidad química.
- Elaborar los procedimientos adecuados para la clasificación, recolección, etiquetado, almacenamiento temporal y transporte.
- Proponer los tratamientos adecuados para la disposición final de los residuos químicos generados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN Sede Atenas.

## 2. MARCO TEÓRICO

Cuando se habla de residuos, se toma en cuenta todo desecho que se produce por diversas actividades que se realizan día con día. Un residuo es cualquier sustancia u objeto que se deseche o tenga la intención o la obligación de desechar (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2015). Estos desechos son producidos por un generador que se define como persona física o jurídica, pública o privada, que produce residuos al desarrollar procesos productivos, agropecuarios, de servicios, de comercialización o de consumo (Ley N°8839, 2010). Por lo tanto, los generadores deben buscar hacer una adecuada disposición de los residuos generados con una correcta gestión de estos. La gestión se puede definir como la recogida, el transporte y tratamiento de residuos, tomando en cuenta la vigilancia de estas operaciones, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos, incluidas las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2015).

En el tema de residuos existen unos que pueden llegar a ser más peligrosos que otros. Se puede describir un residuo químico peligroso como el que, por su reactividad química y sus características tóxicas, explosivas, corrosivas, radioactivas, biológicas, bioinfecciosas e inflamables, o que por su tiempo de exposición puedan causar daños a la salud y al ambiente (Ley N°8839, 2010).

Los residuos químicos muchas veces se clasifican como peligrosos y son generados por diversas actividades donde se ve involucrado el uso de reactivos químicos. Para efectos del presente documento, el enfoque será en la generación de residuos químicos en los laboratorios de enseñanza universitaria.

El manejo integral de desechos químicos se puede definir como la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de: prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento o valorización, tratamiento, disposición final, importación y exportación de desechos o residuos peligrosos. Las actividades se pueden realizar de manera individual o

combinadas para proteger la salud humana y el ambiente contra los efectos nocivos temporales o permanentes que puedan derivarse de tales residuos (Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales, 1998).

## 2.1 IMPACTO EN EL AMBIENTE Y LA SALUD DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS

Para tratar de disminuir el impacto ambiental causado por un inadecuado manejo de residuos químicos, además de una gestión adecuada, se debe realizar un análisis del riesgo y la magnitud de las consecuencias no deseadas y negativas que se tendrían para la salud humana, medio ambiente y propiedad (Bolaños, 2013). Se debe conocer el grado de toxicidad del residuo químico, la cantidad que ha llegado al ambiente y por cuánto tiempo persisten (Bolaños, 2013).

Los residuos químicos son considerados un problema grave en la salud pública, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) calcula que más del 25% de la carga mundial de morbilidad está vinculado a factores medioambientales, incluidas las exposiciones a productos químicos tóxicos.

Pese a los numerosos beneficios que los productos químicos han aportado a la humanidad, la contaminación relacionada en esta era, es la mayor en la historia. Se considera un problema mundial, ya que las sustancias tóxicas pueden propagarse a las zonas más remotas, como a los sistemas de aguas receptoras de todo el mundo (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2019).

Como explica el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2019), los seres humanos están en una era donde la contaminación que proviene de los químicos es un problema a nivel mundial. Actualmente, la mayoría de los productos que usamos contienen sustancias tóxicas que aportan a la contaminación. En este sentido, el PNUMA advierte que la calidad del agua ha empeorado significativamente desde 1990, debido a la contaminación orgánica y

química ocasionada por: agentes patógenos, fertilizantes, plaguicidas, sedimentos, metales pesados, desechos plásticos y microplásticos, contaminantes orgánicos persistentes y salinidad, entre otros.

## 2.2 POLÍTICAS

Las políticas para dar un mayor control al manejo de los residuos químicos peligrosos fueron creadas para velar por una adecuada salud pública, para una mejor calidad de vida y para la conservación del medio ambiente, esto debido al aumento en la generación del residuo en los últimos años.

### 2.2.1 Políticas internacionales

- Convenio de Basilea:

Tiene como objetivo controlar movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación para proteger el medio ambiente.

- Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de la Organización de las Naciones Unidas:

Es un nuevo sistema para identificar y clasificar los productos peligrosos, el cual es de carácter obligatorio según el Reglamento técnico RTCR 481:2015 Productos Químicos. Productos Químicos Peligrosos. Etiquetado No. 40457-S donde indica:

El presente reglamento tiene por objeto establecer los requisitos del etiquetado de los productos químicos peligrosos, según criterios consignados en la clasificación de peligro establecida por el Sistema Globalmente

Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) en su versión más reciente. (art. 1)

### **2.2.2 Normativa nacional sobre la Regulación de Residuos**

- Decreto 411527-S del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE): Reglamento General para Clasificación y Manejo de residuos peligrosos. Este decreto, en el Artículo 1, establece las condiciones y requisitos para la clasificación de los residuos peligrosos, así como las normas y procedimientos para la gestión de estos, desde una perspectiva sanitaria y ambientalmente sostenible (Decreto 411527-S, 2018).
- Ley 8839 de Gestión Integral de Residuos: esta ley pretende que se apliquen acciones de diversa índole para así gestionar de manera responsable los residuos sólidos, con la indicación de la obligatoriedad de acatamiento para todos los generadores.
- Decretos ejecutivos 27000 – MINAE: Manejo de Desechos Peligrosos Industriales.
- Decreto ejecutivo 27001-MINAE; reglamento sobre las características y listado de desechos peligrosos: estos dos últimos decretos son de gran ayuda a la hora de clasificar los residuos de cuándo es o no es considerado peligroso, según sus características y para darles el manejo según el marco de la ley.

La Contraloría Ambiental del MINAE crea el Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos en el 2015 (SIGREP), el cual es una plataforma que registra a los generadores de residuos peligrosos, donde se hacen notificaciones sobre la generación y movimiento de residuos que se debe hacer a la contraloría para un eficiente control, de este sistema cada año se genera un informe anual con los



resultados obtenidos, según el informe anual del 2018, de la Contraloría Ambiental en Costa Rica se pasó de generar en el 2015 la cantidad de 7 438 786 kg de residuos peligrosos a 31 342 355.66 kg en el 2018, en el 2015 se contaba con 107 empresas generadoras inscritas y, en el 2018, con una cantidad de 716 empresas inscritas, todo estos datos evidencian el gran aumento en la generación de residuos químicos peligrosos (Contraloría Ambiental del Ministerio de Ambiente y Energía, 2018).

En los laboratorios de enseñanza, las adecuadas condiciones de trabajo incluyen control, tratamiento y eliminación de los residuos generalmente peligrosos generados en ellos, por lo que su gestión es un aspecto imprescindible en la organización de todo laboratorio (Estrada y Villanueva, 2015).

### 2.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS EN CENTROS DE ENSEÑANZA

Las universidades manejan diversas sustancias peligrosas que surgen como producto de las actividades de docencia e investigación, ya que cuentan con múltiples laboratorios de diferentes disciplinas como lo son los de Química General, Orgánica, Analítica, entre otros, cada uno de estos generan diferentes residuos químicos peligrosos.

Como lo indican Mora y Benavides (2011), la regulación existente en cuanto a residuos peligrosos fue diseñada principalmente para aplicaciones industriales y muchos aspectos son inadecuados para el quehacer universitario; esto es un inconveniente, ya que en las industrias producen grandes cantidades de residuos, generalmente de un tipo específico y que son operadas por una sola persona.

Las universidades, por su parte, producen cantidades muy pequeñas y variables que provienen de distintas fuentes de generación y que son operados por distintas personas, por lo cual, el decreto 27001 en el artículo 7 en su inciso c (1998),

lo que estipula a los generadores es identificar el origen, cantidad y características de peligrosidad, de cada uno de los residuos peligrosos que genere, indicando tipo, composición, cantidad y destino de los desechos, lo que garantiza su completa trazabilidad.

En el laboratorio, se generan distintos residuos que son peligrosos para el ambiente y la salud de los trabajadores; en ocasiones se generan metales pesados, que tienen una alta toxicidad y causan daños irreversibles en los diferentes organismos (Vullo, 2003).

En el laboratorio se generan también bases, ácidos y tanto sales inorgánicas como sales orgánicas. Las sales inorgánicas proceden de la reacción química entre un ácido y una base (Aprendiz 2007).

Los ácidos inorgánicos también son conocidos como ácidos minerales y son un compuesto de hidrógeno y uno o más elementos (a excepción del carbono). Son sustancias que pueden presentar efectos en la salud por una mala manipulación y pueden ser explosivos u oxidantes en contacto con productos orgánicos (Hinkamp, 2012).

Sea cual sea la actividad del laboratorio, enseñanza o investigación, la institución debe ser responsable del tratamiento de sus propios residuos, se deben seguir los procedimientos de un programa de gestión: lo primero, será evitar al máximo la generación de residuos sean peligrosos o no y minimizar la cantidad de residuos peligrosos que son inevitablemente producidos; segundo, los residuos peligrosos se tienen que clasificar y separar, de ser posible se deben reutilizar los residuos; y, por último, hay que realizar el tratamiento y la eliminación de los residuos de forma segura (Mora y Benavides, 2011).

## 2.4 CLASIFICACIÓN

Los residuos peligrosos se deben clasificar y acumular según sus características, esto para evitar problemas de incompatibilidad o riesgos aún mayores durante su almacenamiento. La determinación de si un residuo es o no peligroso, se hace mediante el decreto ejecutivo 27000- MINAE; como se mencionó anteriormente, este decreto trae una lista donde de acuerdo con sus características, el residuo se puede clasificar en peligroso o no peligroso, y ofrecer su manejo correspondiente; cuando se habla de acumulación, se hace referencia al proceso por el cual se van ubicando los residuos químicos temporalmente, en recipientes individuales o de otro tipo (Alfaro, 2007).

La importancia que tiene el realizar una verdadera separación de los residuos radica en que una adecuada clasificación de residuos es la base para implementar un ambiente seguro de trabajo, lo que permite minimizar costos administrativos, económicos, legales, de seguridad y técnicos (Mora y Benavides, 2011); existen diversas maneras de clasificar los residuos peligrosos, sin embargo, la mejor manera de hacerlo es escogiendo la que se adecue con las características de los residuos que se vayan a generar.

Según el protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional (2021), la clasificación de los residuos químicos se puede ver en el **Cuadro 1**.

**Cuadro 1.** Clasificación de residuos químicos peligrosos según el protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional

Grupo	Nombre	Descripción
1	Disolventes orgánicos no halogenados	Son sustancias químicas que contienen carbono, formando enlaces covalentes C-C o C-H. En muchos casos contienen oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo y boro. No deben contener en su estructura F, Cl, I, Br. Ejemplo: Etanol, Tolueno, Hexano, Acetona, Acetato de Etilo, Éter.
2	Disolventes orgánicos halogenados	Son sustancias químicas que contienen carbono, formando enlaces covalentes C-C o C-H y, además, contienen F, Cl, I, Br. Ejemplo: Cloroformo, Clorobenceno.
3	Disoluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos.	Los dos subgrupos más importantes son: - Disoluciones acuosas inorgánicas - Disoluciones Básicas - Disoluciones de metales pesados - Disoluciones de cromo VI - Otras disoluciones acuosas inorgánicas: reveladores, sulfatos, fosfatos, cloruros. - Disoluciones acuosas orgánicas - Disoluciones colorantes

4	Ácidos	Forman este grupo los ácidos inorgánicos y sus disoluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen).
5	Aceites	Constituido por los aceites minerales derivados de las operaciones de mantenimiento y de baños calefactores.
6	Sólidos	En este grupo se incluyen los materiales en estado sólido, tanto orgánico como inorgánico y el material desechable contaminado. Se establecen tres subgrupos: 1. Sólidos orgánicos, como el carbón activado, el gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos. 2. Sólidos inorgánicos como las sales de los metales pesados. 3. Material desechable contaminado con productos químicos.
7	Especiales	Se incluyen en este grupo los productos químicos sólidos o líquidos que, por su elevada peligrosidad, no han sido incluidos en ninguno de los seis anteriores y no se pueden mezclar entre sí.

Fuente: Universidad Nacional (2021).

## 2.5 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento es la fase posterior a la acumulación. En esta etapa se conservan los desechos debidamente empacados y embalados para su posterior

tratamiento o disposición final (Mora *et al.*, 2012), esta fase debe realizarse tomando en cuenta ciertos puntos:

- Los recipientes deben ser cerrados para evitar que se generen gases que sean peligrosos para la salud humana y deben permanecer cerrados.
- Los materiales de los recipientes deben ser compatibles con ellos, que estén en buen estado y libres de fugas.
- La etiqueta debe indicar qué tipo de desecho es, qué características de peligrosidad tiene y la fecha en que comenzó a acumularse.

De acuerdo con el artículo 6, en su apartado 6.3.1 del Decreto 27001 - MINAE “Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales”, en 1998, se menciona que los recipientes deben ser herméticos con la posibilidad de abrirse y cerrarse, y hechos de un material que no presente problemas de incompatibilidad con el residuo a almacenar, deben estar en buen estado y libre de fugas.

El artículo 6, en su apartado 6.3.2 del “Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales”, indica que la rotulación debe decir el tipo de desecho peligroso que contiene, sus características de peligrosidad, la fecha en que se inició la acumulación en el mismo.

En cuanto a la ubicación, el “Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales”, en el apartado 6.3.3 de su artículo 6, indica que los puntos de acumulación deben ser áreas cercanas al punto de generación donde se deben llenar los contenedores adecuados con los desechos peligrosos generados. Estas áreas deben estar supervisadas por un encargado que además de realizar el proceso de llenado de los envases, debe realizar inspecciones para detectar fuga o derrames.

En el artículo 8 del mismo reglamento, el apartado 8.2 indica que el almacenamiento de cualquier desecho peligroso deberá tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- La incompatibilidad de los desechos a almacenar.
- Las condiciones de los envases y embalajes.
- Planes de contingencia Impermeabilidad de pisos.
- Aireación adecuada dependiendo del tipo de desecho almacenado.

## 2.6 TRATAMIENTO

El tratamiento de los residuos peligrosos se define como método, técnica o proceso designado para cambiar las características físicas, químicas o biológicas de una sustancia, de manera que se produzca un desecho no peligroso, o menos peligroso, para su almacenaje, transporte o disposición final de forma segura (Alfaro, 2007), esto se hace para convertir los residuos peligrosos en inocuos o hacerlos menos peligrosos para poder desecharlos de manera convencional, la disposición final del residuo químico que ya ha sido previamente tratado, se define como la acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente (Rossi, 2018). Los métodos más comúnmente utilizados son: incineración, precipitación de metales pesados, reducción química, neutralización, destilación, disposición en rellenos sanitarios, entre otros (Mora y Benavides, 2011).

### 3. METODOLOGÍA

Esta práctica dirigida se desarrolló en los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, Sede Atenas, con el objetivo de diseñar una propuesta para el manejo integral de residuos generados en los cursos de química y dar una gestión integral a las sustancias químicas.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La recolección de datos y actividades de esta práctica se llevaron a cabo durante el II cuatrimestre 2022 en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, debido a que se retornó a la presencialidad de estudiantes y funcionarios en los laboratorios a partir de este ciclo. Como se muestra en la **Figura 1**, se ilustra el conjunto de laboratorios de la UTN Sede Atenas laboratorios 106 y 107, donde se elaboran prácticas universitarias de los cursos de Química General, Química Analítica, Química de Alimentos I y II y Química Orgánica. Dichos espacios o laboratorios se definen como los espacios físicos donde se imparten las lecciones y, cuando se habla de curso de laboratorio, se hace referencia a las prácticas semanales que se desarrollan en ellos.





**Figura 1.** Mapa satelital de la Universidad Técnica Nacional, la flecha roja indica la ubicación del conjunto de Laboratorios de Ciencias Básicas y las flechas azules la distribución de los laboratorios 106 y 107 respectivamente

Fuente: Elaboración propia, con base en una imagen tomada de Google Maps (2022).

## 3.2 DESARROLLO DEL DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS EN EL LABORATORIO

### 3.2.1 Inspección

Se realizó una visita de inspección a los laboratorios de Ciencias Básicas para observar las actividades que en dicho espacio se desarrollan y cómo se gestionan los residuos químicos peligrosos generados. La visita se realizó con asistentes de laboratorio y se inspeccionaron los laboratorios 106 y 107. Para ello se utilizó una lista de chequeo que se adjunta en el Anexo 8 para verificar

cumplimientos del Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos N° 41527-S-MINAE.

Los puntos más importantes que se tomaron en cuenta para confeccionar este instrumento fueron el artículo 5º.-Clasificación e identificación de los residuos peligrosos, artículo 6º.-Manejo de los residuos peligrosos, artículo 7º.-De las obligaciones y responsabilidades del generador, artículo 10.-Tratamiento y artículo 11.-Disposición final de residuos peligrosos del Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos N° 41527-S-MINAE. Se trabajó con estos artículos debido a que son los que competen propiamente a los entes generadores de residuos, según el reglamento mencionado anteriormente.

### 3.3 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN CADA PRÁCTICA DE LABORATORIO IMPARTIDAS DE LOS CURSOS ESTABLECIDOS

Se realizó un estudio de los manuales de laboratorio de los cursos de CB-006 Laboratorio de Química General, ITA-318 Laboratorio de Química Analítica, ITA-416 Laboratorio de Química de Alimentos I, ITA -417 Laboratorio de Química de Alimentos II y ITA-216 Laboratorio de Química Orgánica, utilizados para obtener una lista de los reactivos que se usan en cada práctica y los residuos resultantes de dichas prácticas, así como de las cantidades, tomando en cuenta el cupo máximo de estudiantes de cada laboratorio establecido por la comisión de Ciencias Básicas basado en el modelo pedagógico de la Universidad Técnica Nacional.

Los manuales de laboratorio utilizados para este estudio fueron: “Recopilación de prácticas para Laboratorio de Química Orgánica” recopilado por la Ing. Ana María Bárcenas Parra, en abril del 2015; “Manual de Laboratorio de Química I” recopilado por el Lic. Luis Rojas Montealegre; el curso de química

analítica no cuenta con manual, sin embargo, se utilizan las prácticas indicadas por los profesores encargados del curso que se encuentran en el libro “Química Analítica Experimental” en su primera edición; “Recopilación de procedimientos para el Laboratorio de Química de Alimentos I” recopilado por la Lic. María Alejandra Castillo Cordero y la Bach. Yuliana González Jiménez, en el 2017; “Recopilación de Prácticas de Laboratorio para el Laboratorio de Química de Alimentos II recopilado por la Lic. María Alejandra Castillo, en el 2017.

Se solicitó información al área de docencia acerca de la cantidad de grupos de Laboratorio de Química General, Laboratorio de Química Orgánica, Laboratorio de Química de Alimentos I y II y Laboratorio de Química Analítica que se imparten generalmente por curso lectivo y el cupo máximo de estudiantes. El **Cuadro 2** se muestran los cursos que se imparten en los laboratorios de Ciencias Básicas, así como el número de grupos que se abren por cuatrimestre, teniendo en cuenta el cupo máximo de estudiantes que son 16 para todos los cursos de laboratorio. Aproximadamente, se abren 15 grupos de Química General I con 240 estudiantes, 3 grupos de Química Orgánica con 48 estudiantes, 3 grupos de Química Analítica con 48 estudiantes, 2 grupos de Química de Alimentos I con 32 estudiantes y 3 grupos de Química de Alimentos II con 48 estudiantes por año lectivo, teniendo un total de 416 estudiantes. Con base en esta información, se realizará la caracterización y cuantificación de los reactivos y residuos de importancia de este TFG.

**Cuadro 2.** Cursos y grupos de laboratorio impartidos en el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional sede Atenas por cuatrimestre con cupo máximo de 16 estudiantes

<b>Ciclo Lectivo</b>	<b>Cursos que se imparten</b>	<b>Cantidad de grupos</b>
Primer Cuatrimestre	Laboratorio de Química Analítica	3

Segundo Cuatrimestre	Laboratorio de Química General	12
	Laboratorio de Química de Alimentos I	2
Tercer Cuatrimestre	Laboratorio de Química General	3
	Laboratorio de Química Orgánica	3
	Laboratorio de Química de Alimentos II	3
Total	5	26

Lo primero que se realizó en el estudio fue sacar de cada curso las prácticas que se realizaban para cuantificar el total de prácticas realizadas y de esas prácticas se enlistaron los reactivos utilizados en cada una, con el fin de cuantificar y caracterizar lo que se utilizó por práctica por grupo y, a su vez, se multiplicó por la cantidad de grupos para así obtener la cantidad de reactivo utilizado durante todo el ciclo lectivo. Posteriormente, para identificar y cuantificar los residuos, se leyeron los procedimientos de las prácticas para conocer las reacciones que se llevaban a cabo y así enlistar los residuos resultantes.

Con esta información y los manuales de laboratorio, se obtuvo la cantidad de prácticas realizadas por curso en cada cuatrimestre, los reactivos utilizados y los residuos generados por curso, además de la cantidad utilizada por todos los grupos por año lectivo; con esta información se procede a realizar una clasificación de residuos.

De esta manera, se clasificaron los reactivos y residuos según su naturaleza, compatibilidad química y el protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional (2021) y se obtuvieron los porcentajes en volumen de los reactivos y residuos.

Para medir la peligrosidad de los reactivos y residuos se desarrolló una escala de peligrosidad que se realizó agrupando los reactivos y residuos encontrados en el estudio de las guías de laboratorio. A cada reactivo y/o residuo se le revisó la hoja de seguridad (MSDS), en la parte de seguridad donde indican los pictogramas de peligrosidad según el Sistema Globalmente Armonizado (SGA), y se le asignó una puntuación del 1 al 9, como se observa en el **Cuadro 3**, según el tipo de peligro indicado por los pictogramas para el contexto de los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN que es enseñanza; en el **Cuadro 4** la escala para la clasificación fue de peligro alto para los reactivos con puntuaciones entre 20 - 30, los de peligro considerable son los que tienen como puntuación entre 11 - 19 y los de peligro considerable tienen una puntuación entre 0 - 10.

**Cuadro 3.** Puntuación desarrollada para asignar a los reactivos y residuos según escala de puntuación realizada donde la magnitud de dicha puntuación se relaciona con la peligrosidad los pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado indicados en las hojas de seguridad (MSDS) de los reactivos que fueron clasificados en este estudio

<b>Peligros Físicos</b>	<b>Puntuación</b>
Corrosivo para los Metales	1
Gas Comprimido	2
Líquidos Comburentes	3
Líquidos Inflamables	4
Líquidos Explosivos	5
<b>Peligros para la Salud</b>	<b>Puntuación</b>
Irritación Cutánea	6
Corrosión Cutánea	7
Peligro por aspiración	8
Toxicidad Aguda	9
<b>Peligro para el medio ambiente</b>	<b>Puntuación</b>
Peligroso para el medio ambiente acuático	5

**Cuadro 4.** Escala resultante para agrupar los reactivos y residuos con base en el puntaje obtenido, según la puntuación desarrollada en esta investigación, con el fin de agruparlos de acuerdo con el tipo de peligro que representa

<b>Escala</b>	
<b>Tipo de Peligro</b>	<b>Puntuación</b>
Peligro Alto	0-10
Peligro Moderado	11-19
Peligro Considerable	20-30

Se realizó un diagrama de Pareto para encontrar los pocos vitales y triviales e identificar cuáles reactivos y residuos acumularon el 80% del volumen total.

### 3.4 ELABORACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS ADECUADOS PARA LA CLASIFICACIÓN, RECOLECCIÓN, ETIQUETADO, ALMACENAMIENTO TEMPORAL Y TRANSPORTE

#### 3.4.1 Clasificación de Residuos

Los residuos químicos se clasificarán según el Protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional (2021), el cual a su vez está basado en el programa de manejo de residuos de la Universidad de Barcelona, que incluye acciones como inventariar el tipo y la cantidad de residuos generados (Díaz, 2000) (Ver **Cuadro 1**). Tomando en cuenta la naturaleza de los reactivos y residuos que se generan en los laboratorios de Ciencias Básicas, los grupos de clasificación se definieron luego de la revisión de las guías de laboratorio, la obtención de las cantidades y tipos de reactivos utilizados, además de los residuos generados por práctica en los laboratorios. La peligrosidad de cada residuo se tomará en cuenta

según las indicaciones de seguridad de las hojas de seguridad (MSDS) correspondientes.

De acuerdo con los diferentes reactivos utilizados y residuos químicos generados en los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN y utilizando como base el Protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional (2014) (Ver **Cuadro 1**), la clasificación se realizó de la siguiente manera:

- Grupo I: Disolventes Orgánicos no halogenados  
En este grupo están los líquidos orgánicos que no contengan halógenos, entre ellos están: Alcoholes, Aldehídos, Amidas, Aminas, Cetonas, Ésteres, Glicoles, Hidrocarburos Aromáticos.
- Grupo II: Disolventes Orgánicos halogenados.  
Aquí tenemos los líquidos orgánicos que contienen halógenos (Flúor, Bromo, Cloro, Yodo). Algunos ejemplos son: Cloroformo, Diclorometano, entre otros.
- Grupo III: Ácidos  
Corresponden a los ácidos orgánicos e inorgánicos y sus disoluciones acuosas.  
  
Por ejemplo: Ácido Clorhídrico, Ácido Acético, Ácido Sulfúrico, Ácido Cítrico, entre otros.
- Grupo IV: Disoluciones acuosas Básicas  
Este corresponde a bases como: Hidróxido de Sodio, Hidróxido de Potasio, Amoniaco.
- Grupo V: Disoluciones acuosas inorgánicas  
En este grupo se encuentran a los sulfatos, fosfatos, cloruros, nitratos, entre otros.
- Grupo VI: Compuestos de metales pesados

Finalmente, en este grupo se encontraron disoluciones que contienen Plata, Plomo, Níquel, Cadmio, entre otros.

### 3.5 ETIQUETADO Y UBICACIÓN DE LOS RECIPIENTES

La rotulación se realizó según lo indicado en el artículo 6 del Decreto Ejecutivo N° 27001-MINAE del 29 de abril de 1998 "Reglamento para el manejo de los desechos peligrosos industriales", donde indica que la rotulación de los residuos generados debe llevar la siguiente información: datos de la empresa generadora, descripción del residuo, criterio de peligrosidad, caracterización y composición y parámetros generales del residuo; la ubicación de los recipientes debe estar cerca del sitio de generación.

Así mismo, se indicó claramente la fecha en que se inició la acumulación en el mismo y, adicionalmente, se rotuló sobre cada recipiente la simbología de Naciones Unidas, Sistema Globalmente Armonizado, Unión Europea o NFPA aplicable.

Los recipientes serán colocados en cada laboratorio para realizar la debida recolección en el sitio, posteriormente, serán trasvasados a recipientes de más capacidad en el almacenamiento temporal.

### 3.6 ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS

El almacenamiento temporal se realizó, según lo indicado por el artículo 8 del Decreto Ejecutivo N° 27001-MINAE del 29 de abril de 1998 "Reglamento para el manejo de los desechos peligrosos industriales", los puntos de almacenamiento deben ser manejados de manera que se eviten accidentes, tales como incendios, explosiones o liberación de desechos que afecten la salud y el ambiente.



Con base en el artículo 6, en su inciso 6.3 del Decreto Ejecutivo N° 27001-MINAE del 29 de abril de 1998 "Reglamento para el manejo de los desechos peligrosos industriales", se aseguró que los recipientes sean herméticos, que tengan la posibilidad de abrirse y cerrarse, en buen estado, libre de fugas y de un material que no presente problemas de incompatibilidad, los volúmenes deberán asegurar un adecuado almacenamiento.

### 3.7 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

Para este apartado, se designó al personal encargado de realizar la recolección de los residuos peligrosos periódicamente, el cual los trasladará hacia el espacio destinado para el almacenamiento temporal, cuando el recipiente donde se almacenan los residuos alcance al menos el 70% de su volumen, esto para evitar derrames en su transporte.

Primero se recolectarán los residuos del laboratorio 106 y, posteriormente, pasarán al laboratorio 107, de ahí se trasladarán directamente al almacén temporal. Los recipientes deben estar bien etiquetados y cerrados para su transporte interno, cuando los recipientes lleguen al almacén temporal se debe realizar el trasvase a contenedores de mayor capacidad.

El transporte que se utilizará será un carrito de mano con los bordes altos, esto para evitar cualquier caída de los recipientes y la ruta deberá ser segura libre de obstáculos y peligros.

### 3.8 PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE CIENCIAS BÁSICAS DE LA UTN, SEDE ATENAS

### **3.8.1 Tratamiento y disposición final de residuos químicos**

En cuanto al tratamiento de los residuos químicos generados, se realizó una propuesta de tratamiento según las posibilidades del laboratorio en cuanto a costos, tiempo de tratamiento, disponibilidad de reactivos y procesos, ya que Berrio et al. (2012) menciona que “el tipo de tratamiento y gestión de los residuos depende, entre otros factores, de las características y peligrosidad de los mismos, así como de la posibilidad de recuperación, de reutilización o de reciclado, que para ciertos productos resulta recomendable” (p.114), con base en esto y la información recabada en el apartado 3.3, se utilizó como base la información brindada por el Decreto N° 27001-MINAE “Reglamento para el manejo de los desechos peligrosos industriales”, la cual afirma que “el tratamiento incluye la neutralización de los desechos, recuperación de energía o fuentes de materiales de desecho” (art. 11, inciso 2), también indica los procesos de tratamiento más utilizados: Reciclaje, Físico –Químicos, Biológicos, Incineración, Exportación y otros mecanismos como la Fijación Química, el Encapsulamiento y la Solidificación.

En cuanto a la disposición final de los residuos químicos, se utilizará el “Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales” (1998) que en su artículo 12 indica que se debe hacer de manera que el desecho o cualquier constituyente del mismo que entra al ambiente no acarree ningún tipo de problema para el ambiente, por lo cual se tiene contemplado la contratación de gestores de residuos para que se les un adecuado transporte y disposición final a los residuos que no se puedan tratar en el laboratorio, además indica que los únicos métodos de disposición final son: relleno Sanitario de Seguridad, encapsulamiento, incineración y exportación a países desarrollados.

### 3.9 OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES ENCONTRADAS

La dificultad encontrada para la realización de este TFG fue la pandemia del COVID 19, ya que las instalaciones de los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN estuvieron cerradas desde marzo del 2020 hasta marzo del 2021, por lo que se dificultó tanto la inspección como el estudio de las guías en las instalaciones.

### 3.10 FACTORES QUE FACILITARON EL TFG

La coordinación del laboratorio de Ciencias Básicas presentó disposición y apertura para realizar la propuesta, así como el tiempo y espacio para la realización de esta.

Se recibió la colaboración del personal de laboratorio con la facilitación de las guías de laboratorio para su estudio y posterior análisis.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS EN EL LABORATORIO

#### 4.1.1 Inspección

En lo que se refiere a residuos químicos generados en los laboratorios, no se encontró ningún reglamento o manual de la institución para realizar un adecuado manejo de estos residuos. Se realizó una verificación tomando en cuenta los artículos importantes del Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos N° 41527-S-MINAE, como se puede observar en el **Cuadro 5**.

**Cuadro 5.** Estado del cumplimiento de aspectos de clasificación, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos químicos en los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional sede Atenas según Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos N° 41527-S-MINAE

Ítem	NIVEL DE CUMPLIMIENTO		
	SÍ	NO	OBSERVACIONES
Artículo 5º- <b>Clasificación e identificación de los residuos peligrosos.</b>		X	No hay ninguna clasificación.
Artículo 6º- <b>Manejo de los residuos peligrosos.</b>		X	No hay procedimientos para manejo de desechos.
Artículo 7º- <b>De las obligaciones y responsabilidades del generador.</b>			

a) Realizar el manejo integral de los residuos peligrosos que genera.		X	No existen procedimientos de manejo de residuos.
b) Elaborar un plan de gestión integral de los residuos o desechos peligrosos		X	No hay plan de gestión.
c) Identificar el origen, cantidad y características de peligrosidad, según el presente artículo, de cada uno de los residuos peligrosos que genere, indicando tipo, composición, cantidad y destino de los desechos, para garantizar su completa trazabilidad.		X	No se cuenta con procedimientos de caracterización.
f) Garantizar que el envasado o empacado, embalado y etiquetado de los residuos peligrosos se realice conforme los reglamentos que sean emitidos por el Ministerio de Salud, e indique la clasificación del riesgo, precauciones ambientales y sanitarias, así como de manejo y almacenamiento.		X	No existe etiquetado ni almacenamiento.
<b>Artículo 10.-Tratamiento.</b>		X	No hay tratamientos.
<b>Artículo 11.-Disposición final de residuos peligrosos.</b>		X	No hay procedimientos para disposición final.

## 4.2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN CADA PRÁCTICA DE LABORATORIO IMPARTIDA EN LOS CURSOS ESTABLECIDOS

### 4.2.1 Estudio de las guías de laboratorio

Se estudiaron las guías de laboratorio, donde se encontró que de cinco guías de laboratorio, solamente una poseía un apartado sobre manejo y descarte de residuos.

Después de realizar la revisión de guías de laboratorio, se enlistaron las prácticas realizadas por curso, como se observa en el Anexo 1, se caracterizaron y cuantificaron los reactivos utilizados y los residuos generados. En el **Cuadro 6**, se resumen los hallazgos respecto a los diez reactivos más utilizados de todas las prácticas por año lectivo y, en el **Cuadro 7**, se encuentran los diez residuos generados en mayor cantidad por todas las prácticas por año lectivo. Las listas completas se pueden encontrar en los Anexos 2 y 3 respectivamente. Cabe resaltar que los cálculos se hicieron de acuerdo con la cantidad de reactivos y residuos generados por práctica tomando en cuenta la cantidad de grupos y el máximo de estudiantes permitido, como se explicó anteriormente en el capítulo 3 sobre la metodología.

**Cuadro 6.** Hallazgos respecto a los diez reactivos más utilizados por todos los cursos y grupos en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, en un año lectivo

Reactivo	Cantidad utilizada por año lectivo (mL)	Porcentaje (%)
Sulfato de cobre	37095	20,57
Ácido clorhídrico	24405	13,53

Hidróxido de sodio	23754	13,17
Ácido acético	15240	8,45
Ácido sulfúrico	7091	3,93
Tiosulfato sodio	6000	3,33
Etanol	5448	3,02
Cloruro de sodio	5400	2,99
Éter	4384	2,43
Amoniaco	4296	2,38

**Cuadro 7.** Hallazgos respecto a los diez residuos más generados por todos los cursos y grupos en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, en un año lectivo

Residuos Generados	Cantidad utilizada por año lectivo (mL)	Porcentaje (%)
Hidróxido de sodio	21044	15,07
Sulfato de magnesio	16656	11,93
Cloruro de plata	13488	9,66
Cloruro de sodio	12528	8,97
Ácido clorhídrico	11532	8,26
Acetato de sodio	7200	5,16
Reactivo hanus	7200	5,16
Yodo – Yoduro	6000	4,30
Acetona	6000	4,30
Éter	6000	4,30

En el **Cuadro 8**, se midieron y obtuvieron los reactivos altamente peligrosos utilizados en las prácticas por año lectivo y la cantidad utilizada. La escala y

puntuación utilizada, se desarrolló en este estudio y están respectivamente descritas en los **Cuadro 3** y **Cuadro 4**.

**Cuadro 8.** Puntuación obtenida de los reactivos más peligrosos detectados en los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN, sede Atenas, según las hojas de seguridad (MSDS) utilizadas por la totalidad de cursos impartidos en los laboratorios por año lectivo (Ver apartado 3.3)

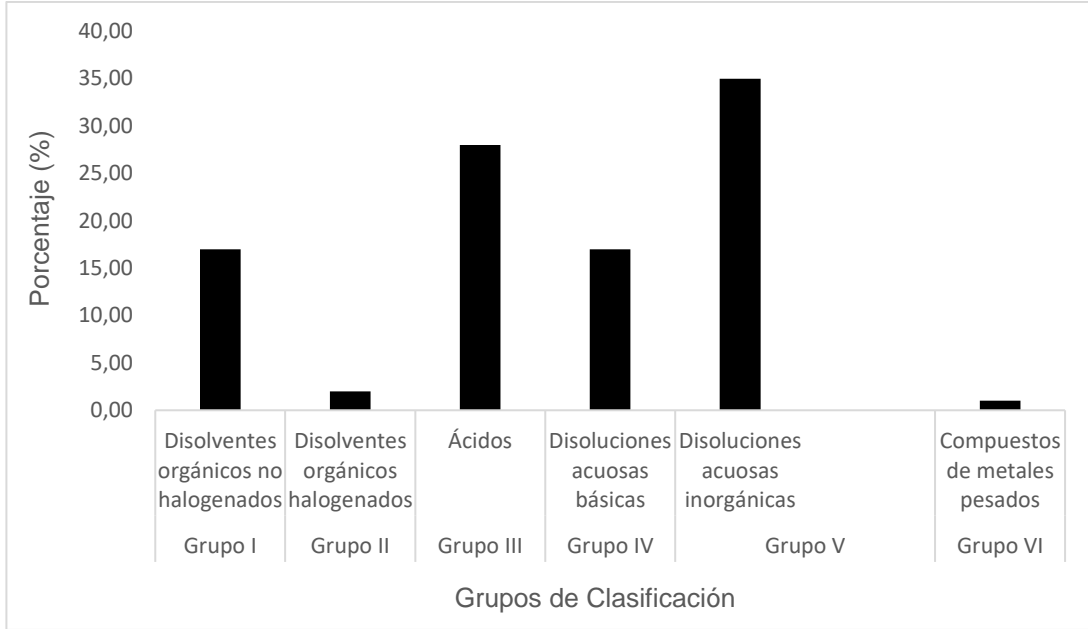
Reactivo	Puntuación				
	Peligros Físicos	Peligros para la Salud	Peligro para el medio ambiente	Total	Cantidad Utilizada por año (mL)
Fenol	0	24	5	29	102
Permanganato de Potasio	3	21	5	29	372
Formol	0	24		24	15
Éter	4	14	5	23	10384
Hexano	4	14	5	23	2480
Ciclohexeno	4	13	5	22	480
Cloroformo: Ácido acético 1:3	4	17	0	21	1050
Metanol	4	17	0	21	2640
Ácido Nítrico	4	16	0	20	2943
Cromato de potasio	1	14	5	20	45
Nitrato de plomo	1	14	5	20	432
Yodo	1	14	5	20	220
Yodo - Yoduro	1	14	5	20	6000
Cloroformo	1	19	0	20	7134



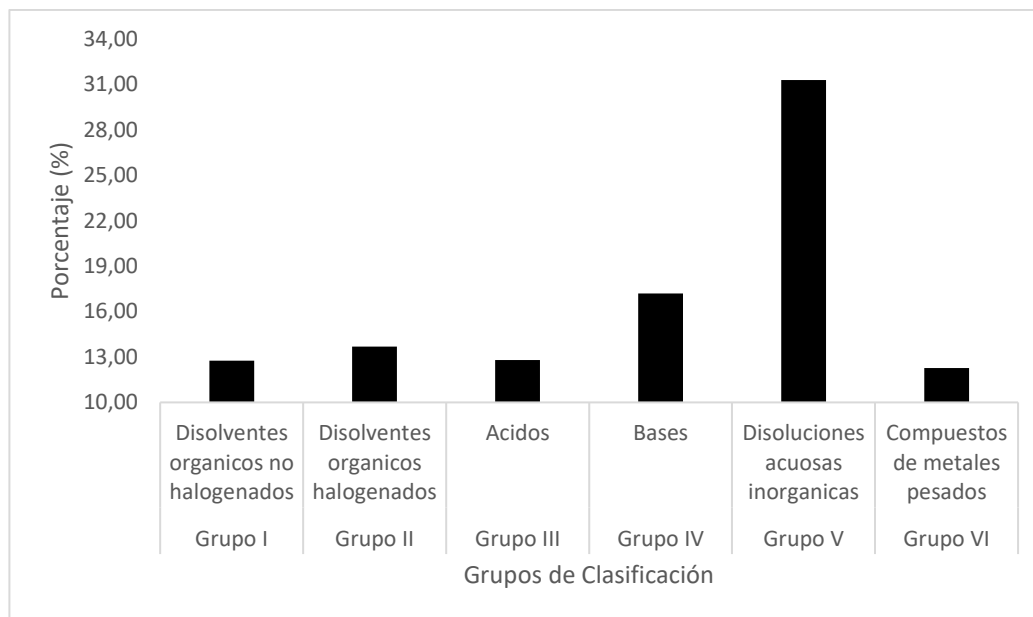
### 4.3 ELABORACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS ADECUADOS PARA LA CLASIFICACIÓN, RECOLECCIÓN, ETIQUETADO, ALMACENAMIENTO TEMPORAL Y TRANSPORTE

#### 4.3.1 Clasificación de Residuos

De acuerdo con los diferentes reactivos utilizados y residuos químicos generados en los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN y utilizando como base el Protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional (2021) (Ver **Cuadro 1**), se realizó la clasificación de los reactivos y residuos donde se puede observar la **Figura 2** que muestra el volumen total de los reactivos utilizados, en los que predominan las disoluciones acuosas inorgánicas con 35% y los ácidos con 28%. La **Figura 3** muestra el porcentaje en volumen del total de los residuos utilizados, en los de mayor volumen están las disoluciones acuosas inorgánicas con 31% y bases con 17%.



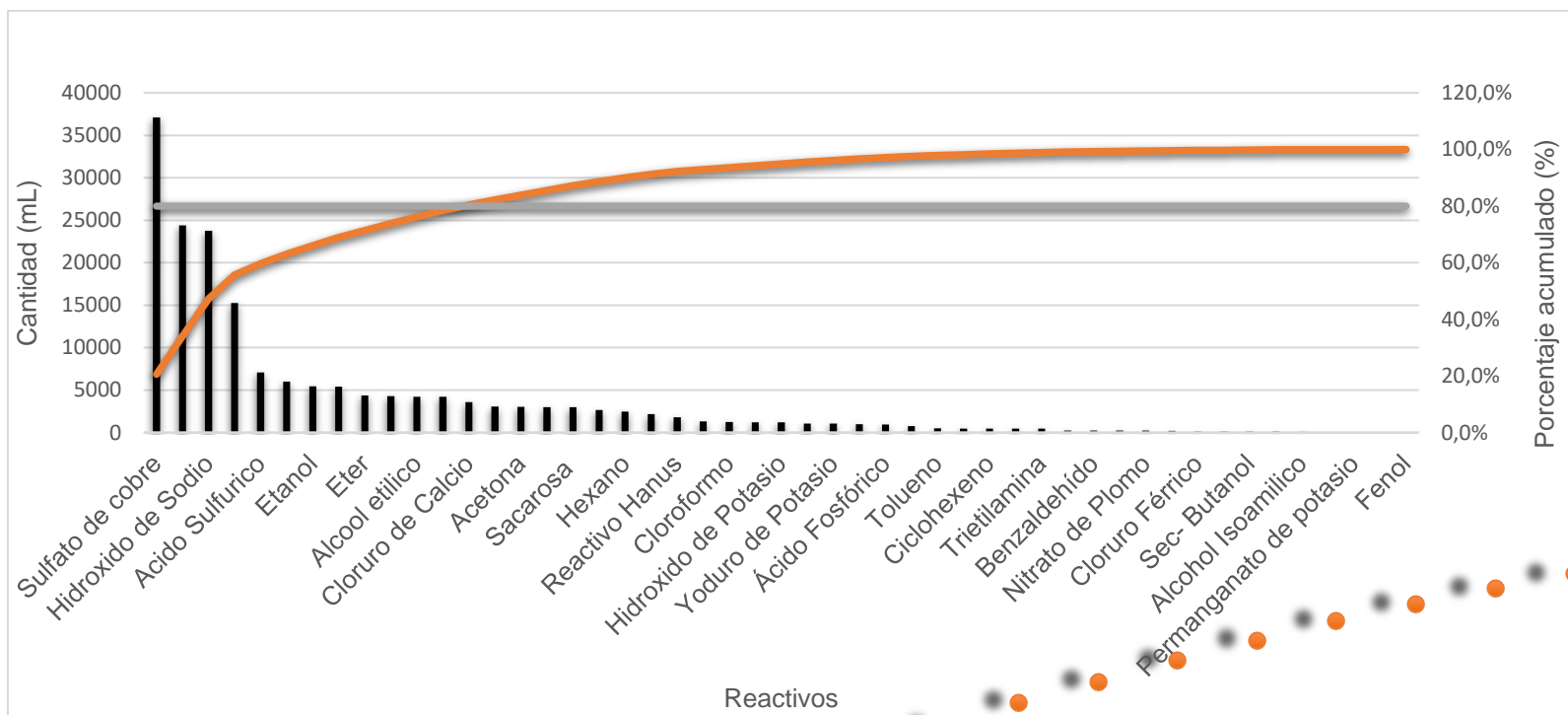
**Figura 2.** Porcentaje de reactivos según su clasificación química generados en los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas



**Figura 3.** Porcentaje de residuos químicos por clasificación generados en los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas

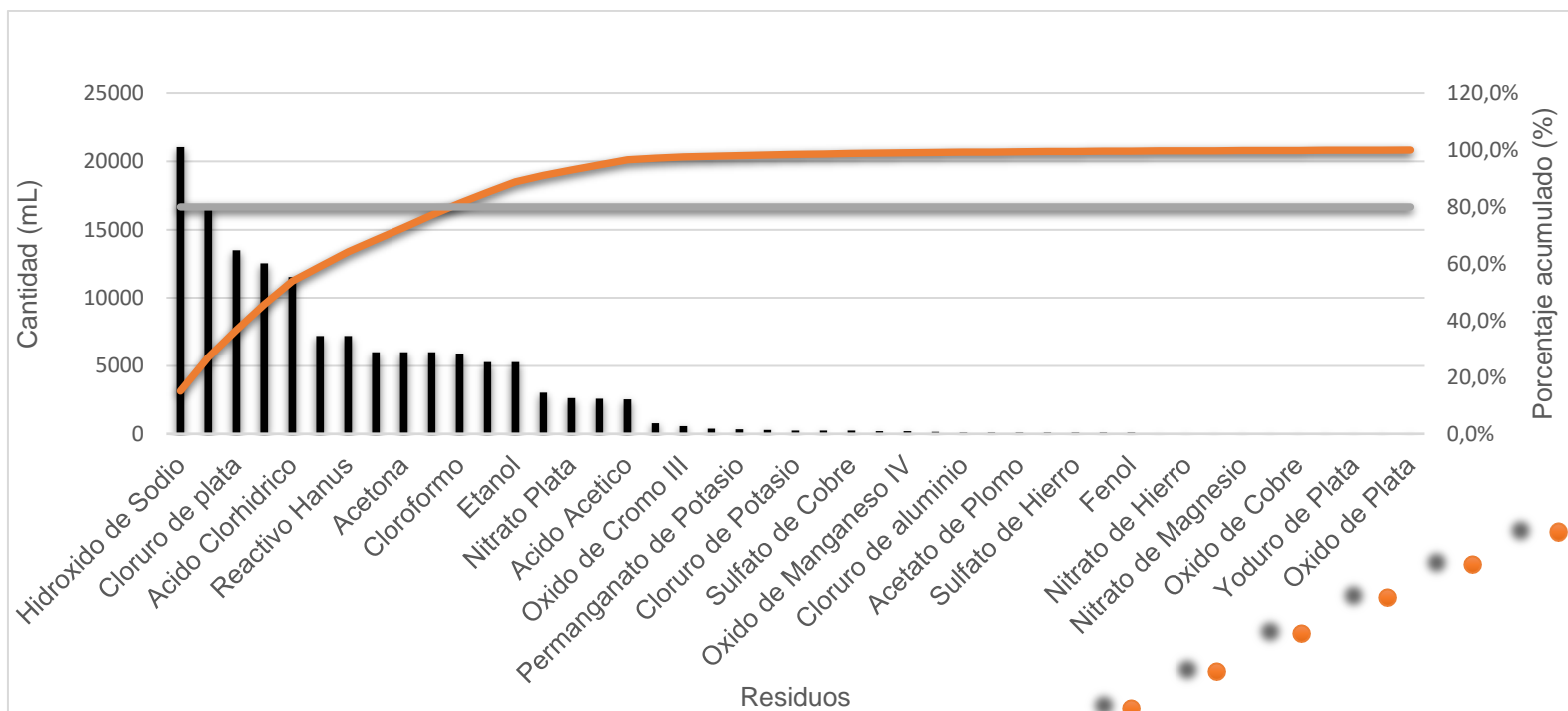
Como se observa en la **Figura 4** y **Figura 5**, se ordenaron gráficamente los reactivos y residuos de mayor a menor cantidad, con el objetivo de conocer los reactivos y residuos más importantes en cuanto a su generación para obtener los pocos vitales y los muchos triviales. Como se ve en la **Figura 4**, el de mayor cantidad es el sulfato de cobre, mientras que el reactivo en menor cantidad es el fenol para la **Figura 5**, el residuo que más se genera es el hidróxido de sodio, mientras que el de menor cantidad fue el óxido de plata.

Se realizó la propuesta para el manejo integral de residuos generados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, en la sede Atenas, donde se establecieron los procedimientos adecuados para la clasificación, recolección, etiquetado, almacenamiento temporal y transporte, como se observa en la **Figura 6**. La propuesta se puede encontrar en el Anexo 7.



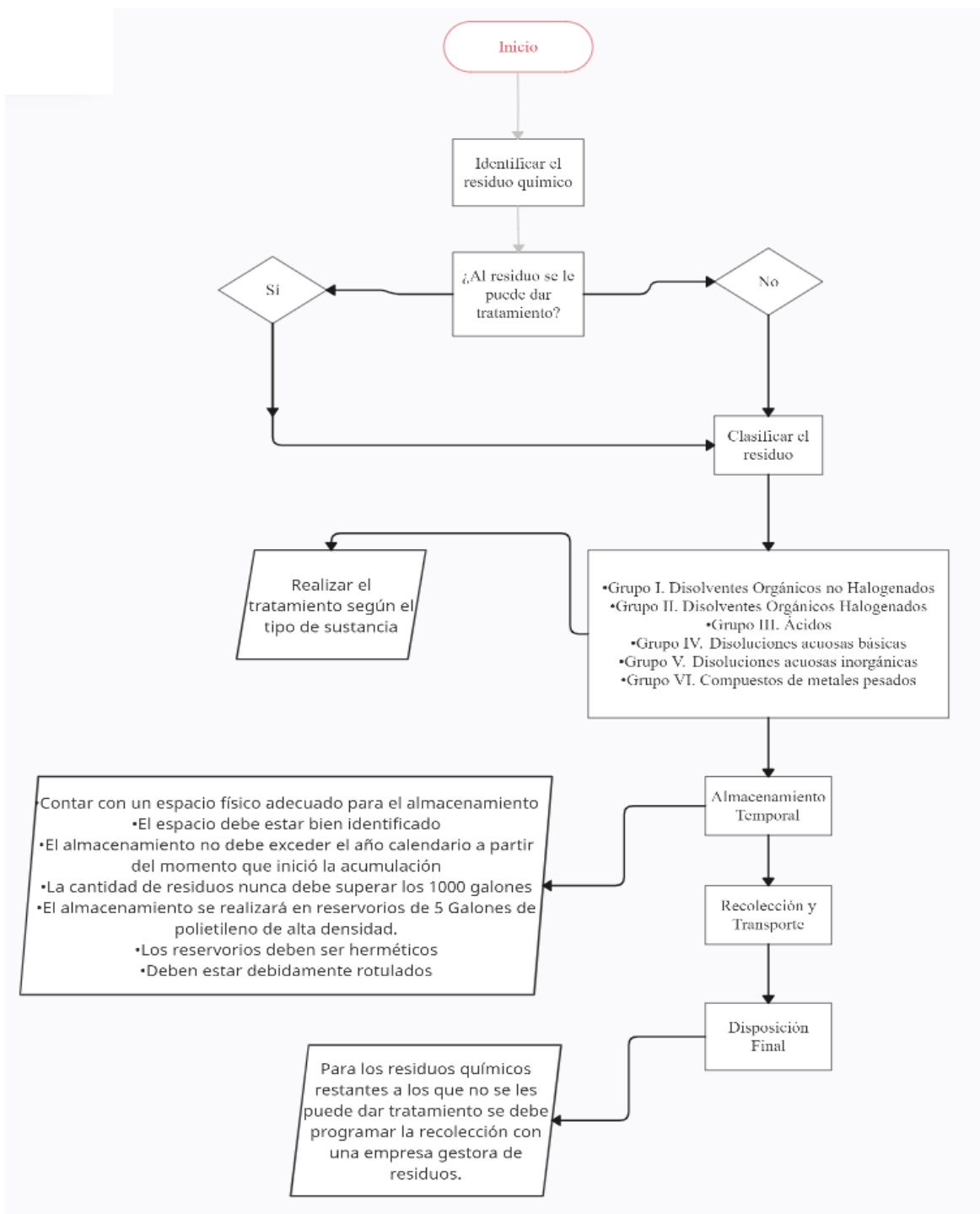
**Figura 4.** Cantidad de reactivos utilizados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas

Las barras verticales representan los reactivos, el eje Y izquierdo representa la cantidad, el eje Y derecho el porcentaje acumulado, la línea punteada hace referencia al porcentaje acumulado y la línea solida gris especifica el 80% del porcentaje acumulado, que representa los pocos reactivos que producen la mayoría del volumen (80%), los cuales son los reactivos que más se producen.



**Figura 5.** Cantidad de residuos generados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas

Las barras verticales representan los reactivos, el eje Y izquierdo representa la cantidad, el eje Y derecho el porcentaje acumulado, la línea punteada hace referencia al porcentaje acumulado y la línea sólida hace el corte donde se encuentra el 80% del porcentaje acumulado, que significa los pocos reactivos que producen la mayoría del volumen (80%), lo cuales son los reactivos que más se producen.



**Figura 6.** Resumen de la propuesta para el manejo integral de residuos generados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional, en la sede Atenas

#### 4.4 PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE CIENCIAS BÁSICAS DE LA UTN SEDE ATENAS

##### 4.4.1 Tratamiento o desecho de residuos

Para el tratamiento de los residuos químicos, se deben tomar en cuenta varios aspectos que dependen del volumen, características, tiempo, la facilidad de su tratamiento y las posibilidades del laboratorio que realiza el tratamiento. La clasificación de los tratamientos resultó ser la siguiente, tomando como base a Riazgos y Tupaz (2015) y Chávez (2018).

**Cuadro 9.** Propuesta de tratamiento para los residuos químicos generados en los Laboratorios de ciencias Básicas de la UTN, Sede Atenas

<b>Sales Inorgánicas</b>	A las sales inorgánicas se les añade un exceso de carbonato de sodio y agua, se dejan 24 horas en reposo y, posteriormente, se neutralizan con ácido (preferiblemente HCl 6M) para verter al desagüe.
<b>Oxidantes y Reductores</b>	Por su parte, los oxidantes se deben tratar con un reductor, para neutralizarlos y verterlos en el desagüe. A los reductores se les añade carbonato de sodio y agua, y se dejan en reposo 2 horas para, posterior a esto, neutralizarlos y verterlos en el desagüe.

<p><b>Ácidos y Bases</b></p>	<p>Para los ácidos y las bases se realiza primero una dilución hasta obtener una concentración menor a 1 Molar. Los álcalis cáusticos y amoniaco se neutralizan con ácidos y, posteriormente, se vierten en el desagüe. Por su parte, los ácidos se neutralizan con bases y se vierten en el desagüe.</p>
<p><b>Aldehídos</b></p>	<p>Para el tratamiento de los aldehídos, se les debe añadir 10 mL de agua por cada 1 mL de aldehído con agitación constante, seguidamente se les agrega 25 ml de blanqueador comercial por cada 1 mL de aldehído y se deja en agitación por 20 minutos para verter luego en el desagüe.</p>
<p><b>Disolventes Halogenados.</b></p>	<p>A las mezclas que contengan disolventes halogenados, se les realiza una purificación por destilación donde las cabezas y colas de destilación se envían a una disposición final y se recicla el disolvente.</p>



## 5. DISCUSIÓN

Al visitar los laboratorios de Ciencias Básicas 106 y 107 de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, se realizó una verificación de los artículos que solicita el Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 41527 –S- MINAE, que deben cumplir los generadores de residuos peligrosos como se muestra en el **Cuadro 5**, se pudo constatar que en los laboratorios no se cumple con ninguno de los artículos verificados, ya que no existe una clasificación e identificación de sus residuos según su naturaleza.

Se encontraron recipientes con residuos químicos, pero sin rotulación alguna y con mucho tiempo de estar almacenados, no cuentan con plan de gestión integral de residuos peligrosos, no hay caracterización de sus residuos donde se indique tipo, composición y cantidad y no cuentan con un adecuado almacenamiento ni etiquetado. Esto aumenta la posibilidad de tener un impacto en la salud de los trabajadores de los laboratorios y en el medio ambiente, como lo indica la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2003) “acumular estos residuos en el sitio puede constituir una amenaza para la salud humana y el ambiente” (p.11).

Además de lo expuesto anteriormente, la Universidad Técnica Nacional podría estar faltando a la ley al no contar con un programa de manejo de residuos peligrosos según el artículo 14 de la Ley para la gestión integral de residuos y podría ser sancionada según el artículo 16 del Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 41527 –S- MINAE por parte del Ministerio de salud, el cual es el ente autorizado para fiscalizar el cumplimiento de la ley y sus reglamentos.

Al realizar el estudio de las guías de laboratorio, como se observa en el **Cuadro 2**, se tiene un total de 5 cursos y 26 grupos para un total de 416 estudiantes que corresponde al 32% de la población universitaria de la sede Atenas, según datos suministrados por la oficina de registro, las prácticas realizadas se pueden revisar en el Anexo 1. Este estudio es muy importante, ya que es la primera vez que

se estudian las guías de laboratorios de los cursos mencionados anteriormente para realizar un control de reactivos y residuos, esto va a significar una reducción de los efectos adversos que puede tener una mala manipulación y gestión de residuos químicos para la salud de los trabajadores y estudiantes usuarios de los laboratorios de Ciencias Básicas.

También se realizará una reducción del impacto al ambiente y significará un importante avance en el cumplimiento de los reglamentos Ley para la gestión integral de residuos y Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 41527 –S- MINAE, ya que como indica Berrio *et al.* (2012)“la gestión de residuos debe tener en cuenta las exigencias de la normativa existente a escala local, estatal y mundial” (p.113).

Con esta información, se solicitaron las guías de prácticas de laboratorio de los diferentes cursos, de estas 5 guías solo una habla acerca del manejo de los residuos peligrosos y lo resume en cuatro puntos muy generales, indica que se deben neutralizar los ácidos o bases antes de ser descartados, indica que los metales pesados se deben descartar en los recipientes destinados para ello, pero en los laboratorios no existen recipientes para la acumulación de metales pesados y, por último, indica que las sustancias orgánicas deben ser descartadas en diatomita, con la cual no se cuenta en los laboratorios, por lo que la información suministrada es insuficiente.

Como indica el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1992), la forma en que los residuos son tratados y descartados es muy importante ya que, de acuerdo con el Convenio de Basilea, la generación y la complejidad de los residuos peligrosos representa un peligro creciente para la salud humana y el medio ambiente, por esta razón, todas las guías de laboratorio utilizadas en los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional deberían contar con un amplio apartado sobre cómo descartar los reactivos y/o residuos generados según con lo que se cuenta en los laboratorios.

Para el estudio de las guías se enlistaron todos los reactivos utilizados y los residuos generados por práctica y por cursos, de esta manera, se hicieron los cálculos correspondientes para obtener el consumo anual de reactivos y la generación anual de residuos, donde se anotó un total de 49 reactivos utilizados y 45 residuos generados (ver Anexo 2 y Anexo 3 ), dando como resultado un consumo de 180,328 L en reactivos utilizados y 139,664 L de residuos generados, estas listas se pueden observar en el Anexo 2 y 3 respectivamente.

Benítez (2013) indica que en los laboratorios de docencia de química de la Universidad del Cauca se generó en total 202.87 L de residuos en el ciclo lectivo 2011, por lo que se puede ver que las cantidades son similares con las generadas en los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN. En el **Cuadro 6**, se sacaron los diez reactivos más utilizados, los cuales corresponden al 73.82% del total y los diez residuos más generados por año lectivo que corresponden al 88.86% del total, lo cual evidencia que son los de mayor importancia en cuanto a cantidad.

En el **Cuadro 8** respectivamente, se encuentra información acerca de los reactivos y residuos más peligrosos, los cuales son principalmente disoluciones que contienen halógenos y metales pesados. Como lo menciona Vullo (2003), los metales pesados se consideran peligrosos, ya que tienen una alta toxicidad, además de que su acción directa sobre los seres vivos causa daños irreversibles en los diferentes organismos. Para obtener datos sobre los reactivos y residuos más peligrosos, se realizó una escala de peligrosidad como se indica en el apartado 3.3 y se encontró que los más peligrosos con 29 puntos son el fenol y el permanganato de potasio, sin embargo, la cantidad utilizada de estos reactivos es relativamente poca, son 102 ml y 372 ml por ciclo lectivo. También tenemos el éter y el hexano con 23 puntos, estos residuos generan 10384 ml y 2480 ml respectivamente por ciclo lectivo, el éter es uno de los residuos que más volumen genera dentro de los clasificados como más peligrosos.

Con respecto al Protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional (2021) (Ver Cuadro 1), la clasificación se realizó de la siguiente manera: Grupo I: Disolventes Orgánicos no halogenados; Grupo II: Disolventes Orgánicos halogenados; Grupo III: Ácidos; Grupo IV: Disoluciones acuosas Básicas; Grupo V: Disoluciones acuosas inorgánicas; y Grupo VI: Compuestos de metales pesados.

En la clasificación realizada, como se menciona anteriormente, se utilizó como base el Protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional (2021), del cual se tomaron como referencia los grupos disolventes orgánicos no halogenados, disolventes orgánicos halogenados y ácidos. En este protocolo, la clasificación de disoluciones acuosas está establecida en un solo grupo llamado “Disoluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos”, el cual es un grupo muy grande e importante. por lo que se decidió subdividir esta clasificación en los grupos de: “disoluciones acuosas Básicas”, “disoluciones acuosas inorgánicas” y “compuestos de metales pesados”. Estas se crearon tomando en cuenta el tipo y la cantidad de reactivos y residuos producidos en los laboratorios de la UTN.

Los grupos de aceites, sólidos y residuos especiales que vienen en el protocolo de la Universidad Nacional no se tomaron en cuenta para esta clasificación debido a que ese tipo de residuos no se manejan ni se producen en los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN.

En los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN, sede Atenas, se evidencia que el grupo disoluciones acuosas Básicas produce 30.5 L en reactivos y 24L como residuos para un total de 54 L; el grupo disoluciones acuosas inorgánicas produce 65.5 L como reactivo y 31.31L como residuos para un total de 97 L y, finalmente, el grupo compuestos de metales pesados produce 2L como reactivos y 17L como residuos para un total de 19 L. Mientras que en los laboratorios de química de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) Montero y Ríos (2020) indican que

las disoluciones alcalinas produjeron 60 L en el periodo 2019 y las disoluciones acuosas inorgánicas produjeron 160 L en el periodo 2019, esto indica que en cuanto a las disoluciones Básicas la Universidad Técnica Nacional tiene una generación similar de residuos químicos que la Universidad Estatal a Distancia; por el contrario, con las disoluciones acuosas inorgánicas, la UTN genera 63 L menos que la UNED en un periodo de un año.

En el caso de los metales pesados, Benítez (2013) indica que en la Universidad del Cauca se generan 47 L de metales pesados en el periodo 2011, mientras que la UTN solo generó 19 L de residuos de metales pesados. Esto es positivo debido a que los metales pesados son considerados peligrosos dado que poseen las siguientes características: tienen una alta toxicidad, su acción directa sobre los seres vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas que inactivan la acción enzimática y causan daños irreversibles en los diferentes organismos (Vullo 2003).

En la **Figura 2**, referente a los reactivos utilizados, se puede ver que el grupo más predominante son las disoluciones acuosas inorgánicas con el 35%, seguido de los ácidos con un 28%, por el contrario, los grupos menos predominantes son los disolventes orgánicos halogenados y los compuestos de metales pesados con 2% y 1% respectivamente.

En la **Figura 3**, se observa el porcentaje en volumen de los residuos generados y se encuentra que el grupo que más prevalece es el de disoluciones acuosas inorgánicas con un 31.31%, seguido de disoluciones acuosas Básicas con un 17.20%, que coincide con los reactivos utilizados, con lo que se puede deducir que los reactivos que se utilizan en más cantidad llegan a convertirse en los residuos de más cantidad, el grupo que menos genera son los compuestos de metales pesados con un 12.27% que, aunque sea el valor más pequeño del total, está elevado para el tipo de residuo que es.

Sin embargo, al ver estos porcentajes resultantes, se puede decir que la generación de residuos de los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN no son de gran volumen, ya que Ramírez *et al.* (2013) indican que para el año 2012 en la Universidad Autónoma de Nuevo León se generaron 3929 L de ácidos, 949 L de disolventes no halogenados y 200L de disolventes halogenados; al comparar estos valores con los generados por la UTN sede Atenas, se determina que son valores por mucho inferiores, sin embargo, esto no exime a la universidad de la responsabilidad de gestionar sus residuos de una manera responsable y acorde a la ley.

En la **Figura 4** se observa el diagrama de Pareto de los reactivos utilizados y se evidencia que solo en 13 reactivos se acumula el 80% de la cantidad de volumen total, estos 13 reactivos son los pocos vitales, esto quiere decir que son pocos los reactivos que generan gran cantidad del volumen total, los restantes 36 reactivos solo generan el 20% del volumen total de reactivos.

De igual manera, se realizó un Pareto para los residuos generados que se pueden ver en la **Figura 5**, donde se aprecia que los 11 primeros residuos son los poco vitales que generan el 80% de volumen total y los restantes 34 residuos son los que generan el restante 20% del volumen total, en este caso, se determina que dentro de los pocos vitales se tiene al cloruro de plata que es un compuesto de un metal pesado, además del Yodo y Cloroformo que pertenecen al grupo de disolventes halogenados y son residuos más peligrosos. Esta información anterior significa que tan solo 13 de los reactivos utilizados y 11 de los residuos generados producen el 80% del volumen total, tanto de reactivos como de residuos, por lo que se debe realizar una buena gestión de estos residuos y reactivos y no dejarlos simplemente acumularse puesto que se evidencia que se generan en gran cantidad con respecto a los demás y si no se les da un manejo adecuado se pueden llegar a almacenar cantidades inmanejables.

Es por esto que, en la **Figura 6**, se resume la propuesta para el manejo integral de residuos, la cual se puede ver con más detalle en el Anexo 7, donde se utiliza la clasificación de residuos definida anteriormente en el apartado 3.4.1. Se deberá asignar un espacio físico en la institución que cuente con las condiciones necesarias para realizar un almacenamiento temporal, el cual debe estar cercano a los laboratorios donde se generan los residuos, con buena aireación, debidamente rotulado, los envases de almacenamiento serán de 15 galones debido a que es la cantidad promedio de residuos generados y el material utilizado debe ser polietileno de alta densidad, debido a sus propiedades de resistencia a los químicos, ya que según Roca (2005), el Polietileno de alta densidad por sus propiedades físicas y químicas es la mejor opción entre los plásticos al ser una molécula apolar, lineal y estable químicamente, además de que es un plástico cristalino. Para la recolección de los residuos, en cada laboratorio, se utilizaron recipientes de vidrio ámbar con capacidad de 4L debidamente etiquetados.

Con respecto al etiquetado en los laboratorios, no se cuenta con ningún procedimiento de etiquetado para residuos, por lo que se utilizará una hoja de identificación de residuos peligrosos, la cual se encuentra en el Anexo 4. Además de esto, el recipiente se rotulará también con información pictográfica del Sistema Globalmente Armonizado, donde se indican los riesgos que produce en la salud y los peligros físicos que puede producir el residuo almacenado, ya que esta información es obligatoria según el artículo 1 del "Reglamento técnico RTCR 481:2015 productos químicos. Productos químicos peligrosos. Etiquetado". La etiqueta que se puede observar en el Anexo 6 indica el nombre del generador, fecha de inicio y fin de la acumulación, pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado y el personal responsable a cargo.

Se llevará un control de inspecciones en la boleta de acumulación o almacenamiento de desechos peligrosos donde se verificará la presencia de fugas o derrames, la recolección y transporte se hará según lo indicado en el apartado 3.7

Esta propuesta es de suma importancia para la UTN, puesto que es la primera que se hace para la institución con sede en Atenas y traerá beneficios para el ambiente, la salud humana y para la universidad en materia legal.

La UTN debe tener procedimientos sobre cómo tratar sus residuos químicos porque “el control, tratamiento y eliminación de los residuos generados propicia adecuadas condiciones de trabajo, por lo que su gestión es un aspecto imprescindible en la organización de todo laboratorio” (Gadea,1991, p.1). Por esta razón, el tratamiento de los residuos se realizará conforme lo establecido en apartado 3.8 de este documento. El tipo de tratamiento y gestión de los residuos depende, entre otros factores, de las características y peligrosidad de los mismos, así como de la posibilidad de recuperación, de reutilización o de reciclado, que para ciertos productos resulta recomendable (Stanford University, 1998), por lo que se deberían utilizar tratamientos químicos de neutralización, oxidación – reducción, tratamientos físicos de destilación.

Según Universidad de Stanford (1998) y la Universidad de Wollongong (2009) existen varios procedimientos para la eliminación de residuos y la razón de que se apliquen unos u otros es debido a lo mencionado anteriormente, depende de las posibilidades del laboratorio, las características del residuo, entre otras, y los más utilizados son: el vertido recomendado para los residuos químicos no peligrosos o los que ya han sido desactivados o tratados anteriormente y ya no representan un peligro para el ambiente ni para las personas; y la recuperación que es un tratamiento donde se permite recuperar parte o partes del residuo.

Como lo explica Mora (2010), en muchos casos, el tratamiento de los residuos químicos en un laboratorio implica una inversión muy grande por los elevados costos y la complejidad de las sustancias. Cuando el tratamiento no está bajo las posibilidades del laboratorio, se puede contratar una empresa gestora para su realización, que se encargue de la recolección de los residuos, tratamiento y disposición final. En cuanto a la disposición final de los residuos, Vargas *et al.* (2006)



indica que las empresas Holcim o CEMEX tienen métodos para la disposición final de los residuos que no pueden ser tratados como la incineración, inmovilización, estabilización o la solidificación. De igual manera, en el país existen otras empresas que dan un manejo integral a los residuos como lo es ECOWAY y WASTECH Costa Rica.

Esta propuesta y su impacto en la UTN es muy positiva, ya que actualmente en la sede Atenas donde se realizó esta investigación no existe ningún documento, protocolo o propuesta enfocada en un manejo integral y responsable de los residuos químicos generados y, como se mencionó anteriormente, es de carácter urgente que la universidad cuente con esta propuesta para cumplir con lo dispuesto en esta materia con las leyes del país y no generar daños en la salud de sus trabajadores y estudiantes ni para el ambiente; aunado a esto, la UTN también se evitará sanciones por parte de los entes fiscalizadores del manejo de residuos como lo es el Ministerio de Salud.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Con base en el diagnóstico, se determina que en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN, sede Atenas, no hay un acatamiento de medidas en un 100% respecto al Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos N° 41527-S-MINAE.

Al realizar la caracterización y cuantificación de los reactivos y residuos de las 57 prácticas desarrolladas en los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN, sede Atenas, se determinó que los principales residuos generados pertenecen a: ácidos y bases en un 30%, disoluciones acuosas inorgánicas en un 33%, disolventes orgánicos halogenados y disolventes orgánicos no halogenados en un 26% y compuestos de metales pesados en un 11%.

Se logró crear una propuesta para la implementación de la gestión de los residuos que establece los procedimientos para la clasificación, almacenamiento, etiquetado, recolección, transporte y tratamiento de los residuos químicos según los lineamientos del Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos N° 41527-S-MINAE, Sistema Globalmente Armonizado y el decreto ejecutivo 27000 –MINAE Manejo de desechos peligrosos industriales.

Con base en el decreto ejecutivo 27000 –MINAE Manejo de desechos peligrosos industriales, se propone realizar en las instalaciones de los laboratorios de Ciencias Básicas de la UTN, sede Atenas, los tratamientos de neutralización para ácidos y bases, destilación para los disolventes tanto halogenados como no halogenados y verter por el desagüe las soluciones acuosas de acetatos, bicarbonatos, sulfatos, fosfatos, carbonatos y azúcares, siempre que no superen los máximos permitidos por el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Designar un espacio físico en los laboratorios para la realización del almacenamiento temporal de los residuos con las condiciones indicadas, ya que no existe.

El regente de la universidad debe incluir en su presupuesto anual un apartado para la gestión integral de los residuos químicos generados.

Minimizar en la medida de lo posible la generación de residuos químicos peligrosos, mediante la optimización de las cantidades a utilizar, según la cantidad de estudiantes que realmente matriculan en los grupos y reutilización de los reactivos de otras prácticas, para no generar nuevos residuos, para esto se deben realizar cambios en la asignación de laboratorios.

Crear programas de capacitación para los usuarios de los laboratorios para que realicen un correcto uso de reactivos y una correcta disposición de estos.

## REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental (EPA) (2003). Manejando sus Residuos Peligrosos: Una guía para empresas pequeñas (en línea). Estados Unidos. Recuperado de <http://www.epa.gov/osw/hazard/generation/sqg/handbook/hazrules.pdf>
- Alfaro, A. (2007). Instructivo para el manejo de residuos químicos. Recuperado de [http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/SIGAI-IT003-ResiduosQu%C3%ADmicos\\_0.pdf](http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/SIGAI-IT003-ResiduosQu%C3%ADmicos_0.pdf)
- Aprendiz, J. (2007). Minerales quelados altamente disponibles: Tipos de fuentes minerales y mecanismos de absorción. Biomet. Madrid, España.
- Benítez, R., Ruiz, D., Obando, M., Miranda, C. y Gil, J. (2014). Gestión integral de residuos químicos generados en los laboratorios de docencia en química de la Universidad del Cauca (Integral Management of Chemical Waste in Teaching Laboratories of Chemistry of the University of Cauca). Ciencia en Desarrollo, 4(2), 63–72. Recuperado de [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_en\\_desarrollo/article/view/2640](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/2640)
- Berrio, L., Beltrán, O., Agudelo, E., y Cardona, S. (2012). Sistemas de tratamiento para residuos líquidos generados en laboratorios de análisis químico. Gestión y Ambiente, 15(3), 113-124. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424893008>
- Bolaños, J. (2013). Protocolo para la gestión verde en laboratorios de química con fines académicos. Pensamiento Actual, 12, 47–58. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/12906/12195>

Chávez, V. (2018). Manual de Manejo de Residuos Peligrosos en los Laboratorios de Química Básica. Veracruz, México. Recuperado el 13 de setiembre del 2022 de <https://www.uv.mx/coatza/cq/files/2020/09/MANUAL-DE-MANEJO-DE-RESIDUOS-PELIGROSOS.pdf>

Contraloría Ambiental del Ministerio de Ambiente y Energía. (2018). Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos Informe Anual. Costa Rica. Recuperado de [https://www.contraloriaambiental.go.cr/doc\\_/doc\\_1548861669.pdf](https://www.contraloriaambiental.go.cr/doc_/doc_1548861669.pdf)

Decreto Ejecutivo 41527 (04 de diciembre del 2018). Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos. Nº 41527-S-MINAE. Recuperado de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=88120&nValor3=114959&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=88120&nValor3=114959&strTipM=TC)

Díaz, N. (2000). Manual de gestión de los residuos especiales de la Universidad de Barcelona. España: Publicaciones de la Universidad de Barcelona. Recuperado de [https://www.ub.edu/ossma/wp-content/uploads/2016/03/manual\\_residus\\_especials\\_cs.pdf](https://www.ub.edu/ossma/wp-content/uploads/2016/03/manual_residus_especials_cs.pdf)

Estrada, J., y Villanueva, C. (2015). Tratamiento de Residuos Peligrosos generados en laboratorios químicos. Revista del Instituto de Investigación RIIGEO, 18(35), 135-138. Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11851>

Gadea, E. y Guardino, X. (1991). Notas Técnicas de Prevención (NTP) 276: Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Centro Nacional de Condiciones de trabajo. España. Recuperado de

[https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp\\_276.pdf/99241f92-8c26-400b-9cc6-909f6e19aece](https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_276.pdf/99241f92-8c26-400b-9cc6-909f6e19aece)

Hinkamp, D. (2012). Guía de productos químicos: Propiedades de los ácidos inorgánicos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. España. Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/162038/1.+Acidos+inorg%C3%A1nicos+-+Acidos+y+anhidridos+org%C3%A1nicos>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (2015). Gestión de residuos: clasificación y tratamiento. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Notas técnicas de prevención. Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/331130/ntp-1054w.pdf/79c06c7b-984a-4f8f-87cd-3e0af9b8a491>

La Gaceta (13 de Julio del 2010). Ley N° 8839. San José, Costa Rica. Recuperado de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024)

La Gaceta (27 de mayo de 1998). Decreto N° 27001. San José, Costa Rica. Recuperado de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=54836&nValor3=114966&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=54836&nValor3=114966&strTipM=TC)

La Gaceta (29 de abril de 1998). Decreto N° 27000. San José, Costa Rica. Recuperado de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=44467&nValor3=95389&param2=1&strTipM=TC&IResultado=9&strSim=simp#:~:text=N%C2%BA%2027000%20DMINAE&text=3%C2%BA%2D%20Que%20la%20protecci%C3%B3n%20del,su%20labor%20en%20este%20campo.](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=44467&nValor3=95389&param2=1&strTipM=TC&IResultado=9&strSim=simp#:~:text=N%C2%BA%2027000%20DMINAE&text=3%C2%BA%2D%20Que%20la%20protecci%C3%B3n%20del,su%20labor%20en%20este%20campo.)

- Montero, E. y Ríos, E. (2020). Gestión de residuos químicos en la Universidad Estatal a Distancia: abordajes desde la Regencia Química. *Repertorio Científico*, 23(1), 12–18. <https://doi.org/10.22458/rc.v23i1.2859>
- Mora, J. (2010). Generación de un Diagnóstico en la Gestión Actual de Desechos Químicos en la Universidad Nacional. (Tesis de maestría). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Mora, J. y Benavides, D. (2011). Clasificación de residuos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional. *Revista de Ciencias Ambientales*, 41(1), 61-69. Recuperado de <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/7700>
- Mora, J., Piedra, G., Pérez, R., Chaves, G. y Benavides, D. (2012). Gestión de desechos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional. *Revista Tecnología en Marcha*, 25(1), 64. Recuperado de [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/177](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/177)
- Naciones Unidas (2010). Comprendiendo el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA). Guía de apoyo al Libro Morado del SGA. Recuperado de [https://cwm.unitar.org/publications/publications/cw/ghs/GHS\\_Companion\\_Guide\\_final\\_June2010\\_SPA.pdf](https://cwm.unitar.org/publications/publications/cw/ghs/GHS_Companion_Guide_final_June2010_SPA.pdf)
- Nascimento, E. y Filho, A. (2010). Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 46. 187-198. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/262648676\\_Chemical\\_waste\\_risk\\_reduction\\_and\\_environmental\\_impact\\_generated\\_by\\_laboratory\\_activities\\_in\\_research\\_and\\_teaching\\_institutions](https://www.researchgate.net/publication/262648676_Chemical_waste_risk_reduction_and_environmental_impact_generated_by_laboratory_activities_in_research_and_teaching_institutions)

- Noguera, J. (04 de junio de 2018). UTN llega a 10 años con crecimiento sorprendente. Diario Extra. Nacionales. Recuperado de <https://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/360729/utn-llega-a-10-anos-con-crecimiento-sorprendente>
- Ojeda, R. (2018). Gestión de calidad en los laboratorios de química de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, 2018. [Tesis de Maestría] Universidad César Vallejo. Perú.
- Organización Mundial de la Salud y Programa Internacional sobre Seguridad de las Sustancias Químicas (2017). Herramienta de evaluación de riesgos para la salud humana de la OMS: peligros químicos. OMS. Recuperado de <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241548076#:~:text=La%20pr%20Herramienta%20de%20Evaluaci%C3%B3n,la%20salud%20humana%20en%20relaci%C3%B3n>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2019). Perspectivas del medio ambiente mundial, geo 6: planeta sano, personas sanas. in perspectivas del medio ambiente mundial geo 6. Recuperado de <https://www.unep.org/es/resources/perspectivas-del-medio-ambiente-mundial-6>
- Prüss-Üstün, A. y Corvalán, C. (2006). Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease. World Health Organization. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565196>
- Ramírez, E., Candelario, M., Ramírez, A., Fernández, S. y López, C. (2013). Manejo y Gestión de Residuos en una Institución de Educación Superior. Monterrey, Nuevo León, México. Recuperado de <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/389-Mexico-poster.pdf>



- Riasgos, L. y Tupaz, M. (2015). Propuesta para el Manejo de Residuos Químicos en los Laboratorios de Química de la Universidad de Nariño. [Tesis de Maestría]. Universidad de Manizales, Colombia.
- Rossi, G. (2018). Evaluación de la gestión de residuos químicos generados en laboratorios del departamento de química. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.
- Sostenible, U. C. (2021). Protocolo para la disposición final de desechos peligrosos en la Universidad Nacional. Recuperado de <https://documentos.una.ac.cr/handle/unadocs/13440?show=full>
- Souza, E. y Tenuta, A. (abril - junio del 2010). Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 46(2).
- Stanford University (1998). Hazardous chemical waste management reference guide for laboratories. Department of environmental health and safety.
- Vargas, M. y Romero, L. (2006). Tecnología de inmovilización de desechos peligrosos en Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 19(3), p. 3-8. Recuperado de [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/2](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2)
- Vera, J. (2015). Formulación de una propuesta metodológica para la gestión integral de residuos químicos peligrosos en instituciones de educación superior. *Informador Técnico*, 2(79), 169-178. Recuperado de [https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/view/161](https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/161)
- Vera, J. (Setiembre del 2018). Proponer un plan para el manejo de residuos que se generan el área de laboratorio de control de calidad en Cromascientific S.A. Ecuador.

Vullo, D. (2003). Microorganismo y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente (en línea). Revista Química Viva 3. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86320303.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Prácticas desarrolladas en los laboratorios Ciencias Básicas UTN

Prácticas desarrolladas en ciclo lectivo		
Curso	Práctica	Nombre
Química General	Práctica 1	Operaciones fundamentales de laboratorio
	Práctica 2	El quemador bunsen y su llama.
	Práctica 3	Estudio de las propiedades de la materia
	Práctica 4	Estudio de la densidad
	Práctica 5	Ley de las proporciones definidas
	Práctica 6	Serie de actividad de los metales
	Práctica 7	Disoluciones que conducen la electricidad
	Práctica 8	Cambios Químicos
	Práctica 9	Termoquímica y termodinámica
	Práctica 10	El cobre y sus sales
	Práctica 11	Hidrógeno
	Práctica 12	Amoniaco
Química Orgánica	Práctica 1	Gravimetría
	Práctica 2	Volumetría
	Práctica 3	Cristalización y Cromatografía
	Práctica 4	Extracción Solvente
	Práctica 5	Destilación
	Práctica 6	Aislamiento de Limoneno
	Práctica 7	Identificación compuestos orgánicos
	Práctica 8	Metano - Aromáticos
	Práctica 9	Alcoholes
	Práctica 10	Aldehídos y Cetonas

	Práctica 11	Ácidos Carboxílicos
	Práctica 12	Examen
Química Analítica	Práctica 1	Buenas Prácticas de Laboratorio
	Práctica 2	Muestreo en Alimentos
	Práctica 3	Estimación de la incertidumbre de una medición
	Práctica 4	Determinación de azul de bromotimol
	Práctica 5	Validación de un método
	Práctica 6	Calibración de equipo volumétrico
	Práctica 7	Determinación de sólidos totales en agua potable
	Práctica 8	Preparación y valoración de disoluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio.
	Práctica 9	Determinación de la dureza total del agua potable
	Práctica 10	Determinación de la concentración de hidróxido de magnesio en leche magnesia
	Práctica 11	Determinación de cloruros por el método de Morh
	Práctica 12	Determinación de la concentración de nitrito de sodio residual en embutidos
Química de Alimentos I	Práctica 1	Introducción al Análisis de Alimentos (Equipos)
	Práctica 2	Técnicas Básicas de análisis de alimentos
	Práctica 3	Volumetría: Acidez en Vinagre
	Práctica 4	Volumetría: Potenciométrica
	Práctica 5	Extracción de Carbohidratos
	Práctica 6	Caracterización de Carbohidratos
	Práctica 7	Análisis de Humedad y cenizas
	Práctica 8	Proteína
	Práctica 9	Grasa
	Práctica 10	Fibra

Química de Alimentos II	Práctica 1	Sensorial de Miel de Abeja
	Práctica 2	Elaboración de Galletas
	Práctica 3	Evaluación de la frescura del huevo
	Práctica 4	Extracción del Gluten
	Práctica 5	Bebidas de Soya
	Práctica 6	Taller de frutas
	Práctica 7	Extracción de la caseína de la leche
	Práctica 8	Determinación de proteína por método Biuret
	Práctica 9	Evaluación de la frescura del pescado
	Práctica 10	Determinación de grasas y aceites
	Práctica 11	Reacción de Maillard, Caramelización y Aditivos

**Anexo 2.** Reactivos en total utilizados por todos los cursos y grupos

Reactivo	Cantidad por año lectivo (mL)	Porcentaje (%)
Sulfato de cobre	37095	20,57
Ácido Clorhídrico	24405	13,53
Hidróxido de Sodio	23754	13,17
Ácido Acético	15240	8,45
Ácido Sulfúrico	7091	3,93
Tiosulfato Sodio	6000	3,33
Etanol	5448	3,02
Cloruro de sodio	5400	2,99
Éter	4384	2,43
Amoniaco	4296	2,38
Alcohol etílico	4200	2,33
Bicarbonato sodio	4200	2,33
Cloruro de Calcio	3600	2,00
Acetato de Sodio	3060	1,70
Acetona	3040	1,69
Hidróxido de Potasio en Etanol	3000	1,66
Sacarosa	3000	1,66
Metanol	2640	1,46
Hexano	2480	1,38
Ácido Nítrico	2175	1,21
Reactivo Hanus	1800	1,00
Éter etílico	1320	0,73
Cloroformo	1230	0,68
Hidróxido de Calcio	1200	0,67

Hidróxido de Potasio	1200	0,67
Cloroformo: Ácido acético 1:3	1050	0,58
Yoduro de Potasio	1050	0,58
Acetato de Plomo	975	0,54
Ácido Fosfórico	960	0,53
Nitrato de plata	774	0,43
Tolueno	504	0,28
Alcohol Isopropílico	480	0,27
Ciclohexeno	480	0,27
Metiletilcetona	480	0,27
Trietilamina	480	0,27
Acetaldehído	240	0,13
Benzaldehído	240	0,13
Ciclohexanona	240	0,13
Nitrato de Plomo	240	0,13
Yodo	220	0,12
Cloruro Férrico	120	0,07
N- Butanol	120	0,07
Sec- Butanol	120	0,07
Ter-Butanol	120	0,07
Alcohol isoamílico	75	0,04
Cromato de potasio	45	0,02
Permanganato de potasio	36	0,02
Formol	15	0,01
Fenol	6	0,00
Total	180328	100,00

**Anexo 3.** Residuos en total utilizados por todos los cursos y grupos

Residuos en total utilizados por todos los cursos y grupos		
Residuos Generados	Cantidad por año lectivo (mL)	Porcentaje
Hidróxido de Sodio	21044	15,07
Sulfato de Magnesio	16656	11,93
Cloruro de plata	13488	9,66
Cloruro de Sodio	12528	8,97
Ácido Clorhídrico	11532	8,26
Acetato de Sodio	7200	5,16
Reactivo Hanus	7200	5,16
Yodo - Yoduro	6000	4,30
Acetona	6000	4,30
Éter	6000	4,30
Cloroformo	5904	4,23
Cloruro de Hierro	5280	3,78
Etanol	5280	3,78
Ácido Sulfúrico	3024	2,17
Nitrato Plata	2640	1,89
Amoniaco	2592	1,86
Ácido Acético	2544	1,82
Ácido Nítrico	768	0,55
Oxido de Cromo III	576	0,41
Hidróxido de Potasio	384	0,27



Permanganato de Potasio	336	0,24
Benceno	288	0,21
Cloruro de Potasio	240	0,17
Cloruro de amonio	240	0,17
Sulfato de Cobre	240	0,17
Nitrato de plomo	192	0,14
Oxido de Manganeso IV	192	0,14
Acetato de Isoamilo	144	0,10
Cloruro de aluminio	96	0,07
Cloruro de magnesio	96	0,07
Acetato de Plomo	96	0,07
Sulfato de Aluminio	96	0,07
Sulfato de Hierro	96	0,07
Nitrato de Sodio	96	0,07
Fenol	96	0,07
Nitrato de Cobre	48	0,03
Nitrato de Hierro	48	0,03
Nitrato de Aluminio	48	0,03
Nitrato de Magnesio	48	0,03
Sulfato de Sodio	48	0,03
Oxido de Cobre	48	0,03
Cloruro de Cobre	48	0,03
Yoduro de Plata	48	0,03
Sulfato de Plata	48	0,03
Oxido de Plata	48	0,03
Total	139664	100,00

**Anexo 4.** Hoja de identificación de residuos peligrosos.

República de Costa Rica			
HOJA DE IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS			
Nombre de la empresa generadora:		Tel:	Fax:
Correo electrónico:		Domicilio:	
Nombre del responsable del residuo: (Nombre y Firma)		Código del residuo:	
I. DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO			
Proceso generador del residuo			
Razón de generación del residuo (kg/d ó l/d)		Razón de almacenamiento del residuo (kg/d ó l/d)	
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD:			
Tóxico _____ Inflamable _____ Explosivo _____ Corrosivo _____ Reactivo _____ Otro: _____			
Simbología (UN, UE, ó SGA)		Rombo NFPA (NFPA 704)	
		 <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: black; margin-right: 5px;"></span> Salud</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: grey; margin-right: 5px;"></span> Flamabilidad</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: lightgrey; margin-right: 5px;"></span> Reactividad</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: white; margin-right: 5px; border: 1px solid black;"></span> Específico</li> </ul>	
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN			
Indique los nombres de los componentes peligrosos del residuo			
		Porcentaje	Número CAS
Componente 1		%	
Componente 2		%	
IV. PARÁMETROS GENERALES DEL RESIDUO			
Estado físico a 20 C	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	pH	Punto de ebullición
Punto de inflamación:			
<b>Toxicidad:</b> Prueba TCLP para lixiviados (según Decreto 27002-MINAET, de 29 de abril de 1998 "Reglamento sobre el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar constituyentes que hacen un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente")		<b>Análisis microbiológico</b>	
Componente	Resultado analítico (mg/kg)	Parámetro	Resultado microbiológico
Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos			
Incompatibilidades químicas y riesgos generables:			





**Anexo 6.** Etiquetas para recipientes de almacenamiento de residuos químicos.


<b>Universidad Técnica Nacional</b>	
<b>Sede Atenas</b>	
<b>Laboratorio de Ciencias Básicas</b>	
<b>RESIDUO QUIMICO PELIGROSO</b>	
<b>DISOLVENTES NO HALOGENADOS</b>	
Laboratorio Generador	
Fecha de Inicio:	
Fecha de Finalización:	
Responsable	
Observaciones	
<b>Productos tóxicos, irritantes y en algunos casos cancerígenos.</b>	
<b>Productos Generales:</b> alcoholes, éter, tolueno, xileno, fenol, Formol, acetona, benceno, aldehídos, amidas, aminas, cetonas, esterres, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, nitrilos.	

<b>Universidad Técnica Nacional</b>	
<b>Sede Atenas</b>	
<b>Laboratorio de Ciencias Básicas</b>	
<b>RESIDUO QUIMICO PELIGROSO</b>	
<b>DISOLVENTES HALOGENADOS</b>	
Laboratorio Generador	
Fecha de Inicio:	
Fecha de Finalización:	
Responsable	
Observaciones	
<b>Productos tóxicos, irritantes y en algunos casos cancerígenos.</b>	
<b>Productos generales:</b> Algunos ejemplos son: Cloroformo, Diclorometano, entre otros.	

Universidad Técnica Nacional	
Sede Atenas	
Laboratorio de Ciencias Básicas	
<b>RESIDUO QUIMICO PELIGROSO</b>	
<b>ÁCIDOS</b>	
Laboratorio Generador	
Fecha de Inicio:	
Fecha de Finalización:	
Responsable	
Observaciones	
<b>Productos tóxicos, irritantes y en algunos casos cancerígenos.</b>	
<b>Productos Generales:</b> acido clorhídrico, acido sulfúrico, acido nítrico, acido acetico.	

Universidad Técnica Nacional	
Sede Atenas	
Laboratorio de Ciencias Básicas	
<b>RESIDUO QUIMICO PELIGROSO</b>	
<b>BASES</b>	
Laboratorio Generador	
Fecha de Inicio:	
Fecha de Finalización:	
Responsable	
Observaciones	
<b>Productos tóxicos, irritantes y corrosivos.</b>	
<b>Productos Generales:</b> Hidroxido de Sodio, Hidroxido de Potasio, Hidroxido de magnesio, Hidroxido de Calcio, Hidroxido de Hierro, Amoniaco, Anilina, Hidroxido de Zinc, Hidroxido de Cobre, Hidroxido de Aluminio.	

Universidad Técnica Nacional	
Sede Atenas	
Laboratorio de Ciencias Básicas	
<b>RESIDUO QUIMICO PELIGROSO</b>	
<b>DISOLUCIONES ACUOSAS</b>	
<b>INORGANICAS</b>	
Laboratorio Generador	
Fecha de Inicio:	
Fecha de Finalización:	
Responsable	
Observaciones	
<b>Productos tóxicos, irritantes.</b>	
<b>Productos Generales:</b> Sulfatos, Fosfatos, nitratos	

Universidad Técnica Nacional	
Sede Atenas	
Laboratorio de Ciencias Básicas	
<b>RESIDUO QUIMICO PELIGROSO</b>	
<b>DISOLUCIONES DE METALES PESADOS</b>	
Laboratorio Generador	
Fecha de Inicio:	
Fecha de Finalización:	
Responsable	
Observaciones	
<b>Productos tóxicos, irritantes y en algunos casos cancerígenos.</b>	
<b>Productos Generales:</b> Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn).	

## **Anexo 7**

### **Propuesta para el manejo integral de residuos generados en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional en la sede Atenas.**

#### **Objetivo**

Diseñar una propuesta para el manejo integral de residuos generados en los cursos de química y dar una gestión integral a las sustancias químicas en los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional (UTN), Sede Atenas.

Alcance.

La presente propuesta aplica para los Laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica Nacional en la sede Atenas.

#### **Definiciones**

**Almacenamiento:** Es el depósito temporal de los residuos peligrosos en un espacio físico definido con carácter previo a su aprovechamiento, valorización, tratamiento o disposición final.

**Etiquetado:** Es la información obligatoria incluida en cualquier marbete, rótulo, marca, imagen u otra materia descriptiva o gráfica que se haya escrito, impreso, estarcido, marcado, marcado en relieve o en huecograbado o adherido al envase del residuo peligroso, a fin de prevenir sobre sus riesgos, o fomentar su valoración.

**Tratamiento de residuos peligrosos:** Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos peligrosos o se reduce su volumen, teniendo en cuenta el riesgo y grado de peligrosidad de éstos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y valorización o para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente.

**Gestor de residuos peligrosos:** Persona física o jurídica, pública o privada, registrada y autorizado por el Ministerio de Salud para la gestión integral de los residuos peligrosos de conformidad con la legislación nacional, incluidas aquellas personas físicas o jurídicas que realicen procesos de remediación de sitios contaminados.

### **Reglamentación relacionada**

- Ley para la gestión integral de residuos (2010).
- Reglamento para el manejo de productos peligrosos. DECRETO 28930-S. (1999).
- Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (1998).
- Reglamento para el manejo de desechos peligrosos industriales (1998).

### **Clasificación**

Los residuos químicos que se generan en las practicas se clasificaran tomando en cuenta los siguientes grupos:

Grupo I: Disolventes Orgánicos no halogenados

Grupo II: Disolventes Orgánicos halogenados.

Grupo III: Ácidos

Grupo IV: Disoluciones acuosas Básicas

Grupo V: Disoluciones acuosas inorgánicas

Grupo VI: Compuestos de metales pesados



### **Grupo I: Disolventes Orgánicos no halogenados**

En este grupo están los líquidos orgánicos que no contengan halógenos entre ellos están: *Alcoholes, Aldehídos, Amidas, Aminas, Cetonas, Ésteres, Glicoles, Hidrocarburos Aromáticos.*

### **Grupo II: Disolventes Orgánicos halogenados.**

Aquí tenemos los líquidos orgánicos que contienen halógenos (*Flúor, Bromo, Cloro, Yodo*). Algunos ejemplos son: *Cloroformo, Diclorometano, entre otros.*

### **Grupo III: Ácidos**

Corresponden a los ácidos orgánicos e inorgánicos y sus disoluciones acuosas.

Por ejemplo: *Ácido Clorhídrico, Ácido Acético, Ácido Sulfúrico, Ácido Cítrico entre otros.*

### **Grupo IV: Disoluciones acuosas Básicas**

Este corresponde a bases como: *Hidróxido de Sodio, Hidróxido de Potasio, Amoniacó.*

### **Grupo V: Disoluciones acuosas inorgánicas**

En este grupo encontramos: *sulfatos, fosfatos, cloruros, nitratos, entre otros.*

### **Grupo VI: Compuestos de metales pesados**

Finalmente, en este grupo encontramos disoluciones que contengan *Plata, Plomo, Níquel, Cadmio, entre otros.*

### **Almacenamiento temporal**

El almacenamiento de residuos peligrosos en instalaciones del generador deberá realizarse de conformidad con el artículo 8 del Decreto Ejecutivo N° 27001-MINAE

del 29 de abril de 1998 "Reglamento para el manejo de los desechos peligrosos industriales".

### Ubicación

La universidad debe contar con un espacio físico adecuado para el almacenamiento de residuos químicos el cual debe ser cercana al punto de generación, estos espacios deben ser supervisados e inspeccionados periódicamente por el personal a cargo de laboratorio para la detección temprana de fugas o derrames.

El sitio de acumulación debe estar bien identificado y el almacenamiento temporal no debe exceder el año calendario a partir del momento en que se comenzó la acumulación.

La cantidad de residuos almacenados nunca debe superar los 1000 galones, y en caso de que se supere esa cantidad se debe enviar el desecho peligroso a un centro de acopio autorizado para el almacenaje.

El periodo de almacenaje del desecho peligroso será establecido de acuerdo al parámetro de cantidad y tiempo indicado anteriormente que se cumpla primero.

### Recipiente

El almacenamiento temporal será realizado en reservorios de 5 galones de polietileno de alta densidad, como se indica en la Figura 1.

Estos reservorios deben ser herméticos, pero con la posibilidad de abrirse y cerrarse fácilmente y deben encontrarse en buen estado y libre de gas.

Los mismos serán debidamente rotulados como se indica en el apartado “Etiquetado” de este documento.



Figura 1. Reservorio de 5 galones

#### Recomendaciones de almacenamiento

- Usar como mínimo guantes y gafas de seguridad al momento de verter los residuos.
- Los envases deben permanecer cerrados.
- Realizar un vertido de forma lenta y controlada.

#### **Etiquetado**

Cada recipiente debe indicar claramente el tipo de residuo peligroso que contiene, sus características de peligrosidad, la fecha en que se inició la acumulación, se debe utilizar la “Hoja de identificación de residuos peligrosos”. Anexo 4

Adicionalmente la etiqueta debe indicar la simbología de Naciones Unidas, Sistema Globalmente Armonizado, Unión Europea o NFPA aplicable y rotular ésta sobre cada recipiente. En este caso se utilizará la simbología del Sistema Globalmente Armonizado los cuales indican los riesgos para la salud y peligros físicos, nombre del generador, nombre del residuo, fecha de inicio, fecha de finalización y responsable. Ver etiqueta en Anexo 6.

Además, se debe llevar un registro de inspecciones periódicas en la “Boleta de Acumulación o Almacenamiento de desechos peligrosos”, y completarla conforme se realiza la etapa de acumulación. Ver Anexo 5

### **Recolección y Transporte**

La universidad debe contratar a una empresa gestora debidamente registrada para la recolección y transporte de los residuos que deben ser tratados fuera de las instalaciones de la Universidad.

Para el transporte de desechos peligrosos dentro del país la normativa a seguir será el Decreto Ejecutivo N° 24715-MOPT-MEIC-S de 6 de octubre de 1995 "Reglamento para el Transporte Terrestre de Productos Peligrosos."

Los residuos generados a los que no se les puedan dar tratamiento para un desecho seguro deberán ser entregados a empresas gestoras que se encarguen de la recolección, transporte y la disposición final del desecho. Se debe programar el proceso de recolección y transporte cumpliendo con la entrega de los residuos debidamente etiquetada y envasada.

El asistente de laboratorio realizara la recolección de los residuos peligrosos periódicamente y los trasladara hacia el espacio destinado para el almacenamiento temporal cuando el recipiente donde se almacenan los residuos alcanza al menos el 70% de su volumen.

Primero se recolectará los residuos del laboratorio 106 y posteriormente pasara al laboratorio 107 de ahí se trasladarán directamente al almacén temporal. Los recipientes deben estar bien etiquetados y cerrados para su transporte interno, cuando los recipientes lleguen al almacén temporal se debe realizar el trasvase contenedores de mayor capacidad.

El transporte que se utilizará será un carrito de mano con los bordes altos esto para evitar cualquier caída de los recipientes y la ruta deberá ser segura libre de obstáculos y peligros.

### **Tratamiento y disposición final de los residuos**

En caso de que se pueda realizar en el mismo sitio de generación, tratamientos fisicoquímicos u otros, que minimice y/o elimine el peligro de los desechos, estos serán realizados por personal del sitio generador del desecho.

Para el laboratorio de Ciencias Básicas de la UTN, el único método aplicable para tratamiento es la neutralización de ácidos y bases.

Las Sales inorgánicas se les añade un exceso de Carbonato de Sodio y agua, se dejan 24 horas en reposo y posteriormente se neutralizan con ácido (preferiblemente HCl 6M) para verter al desagüe.

Por su parte los Oxidantes se deben tratar con un reductor y neutralizarlos para verterlos al desagüe. A los Reductores se les añade Carbonato de Sodio y agua, y se dejan en reposo 2 horas para posterior a esto neutralizarlos y verterlos al desagüe.

Para los ácidos y las bases se realiza primero una dilución hasta obtener una concentración menor a 1M. Los álcalis cáusticos y amoniaco se neutralizan con ácidos y posteriormente se vierten al desagüe. Por su parte los ácidos se neutralizan con bases y se vierten al desagüe.

Para el tratamiento de los aldehídos se les añade 10 mL de agua por cada 1 mL de aldehído con agitación constante seguidamente se le agrega 25 ml de blanqueador comercial por cada 1 ml de aldehído y se deja en agitación por 20 minutos para verter al desagüe.

Las mezclas que contengan disolventes halogenados se les realiza una purificación por destilación donde las cabezas y colas de destilación se envían a una disposición final y se recicla el disolvente.

Para los residuos químicos restantes que no puedan ser tratados previamente en las instalaciones de los laboratorios se debe programar un proceso de recolección a una empresa gestora que se encargue del proceso de desactivación y disposición final que se encuentre registrada en la plataforma del Sistema Nacional de Información sobre Gestión Integral de Residuos (SINIGIR), para obtener la autorización del Ministerio de Salud.