

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE  
RESIDUOS PELIGROS EN UN INSTITUTO DE  
INVESTIGACIÓN**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**I N G E N I E R A Q U Í M I C A**

**P R E S E N T A:**

**MAGNI BELMONT SHARON**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M. en I. Maricruz López López**

**CIUDAD DE MÉXICO**

**2018**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIAS

Este trabajo va dedicado especialmente a mis padres Pilar Belmont y Enrique Magni, a quienes agradezco por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. Muchos de mis logros se los debo a ustedes gracias a todo el esfuerzo y el trabajo duro que hicieron para que saliera adelante, porque siempre me motivaron para alcanzar todo lo que me propusiera. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero lo mejor que pudieron hacer por mí fue darme la educación para superarme en esta vida. Los quiero mucho y siempre estaré agradecida con ustedes.

Para mis hermanos Geraldine y Fabrizio. Aunque en muchas ocasiones pareciera que estamos en una batalla, pero siempre hay momentos en los que nos unimos para apoyarnos y compartir bonitos momentos. Gracias por su apoyo, por darme lecciones de vida. Este logro es una muestra de que todas las cosas que se propongan se pueden realizar, y que a pesar de las dificultades todo se puede lograr. Siempre estaré para ustedes.

A mi prima Michelle, a quien veo como mi hermana mayor. Por haber estado para mí cuando te necesité, siempre te lo agradeceré de todo corazón.

A mi novio Williams. Gracias por todo el amor que me das, por tu apoyo constante y consejos, por los momentos inolvidables que pasamos durante la carrera.

A mis amigos que he conseguido en todas las etapas de mi vida. Agradezco al universo por haber conspirado para ponerlos en mi camino. Todos ustedes son mi segunda familia y han dejado una huella importante en mi vida, gracias por todas las aventuras, los consejos y su apoyo contante.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por darme la dicha de llegar a esta meta y por poner en mi camino a las personas correctas que me han impulsado a seguir avanzando en la vida.

Quiero agradecer a la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual desde la preparatoria que he sido orgullosamente puma, me ha brindado la oportunidad de desarrollarme tanto académica como culturalmente, permitiéndome conocer y vivir todo lo que rodea a esta gran institución.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, la cual me dio todo, en la que pasé los momentos más agradables y también los más duros, donde conocí a maestros que me enseñaron el valor y la importancia de la ingeniería.

Al Instituto de Química de la UNAM, donde me abrieron las puertas desde mi servicio social, hasta este proceso de titulación.

A mi directora de tesis la M. en I. Maricruz López López. Por permitirme trabajar a su lado, por compartir su tiempo y sus conocimientos, por el apoyo académico que me ha dado y por la atención que siempre me brinda.

A mi asesor de tesis M. en C. Eduardo Marambio Dennett. Por permitirme trabajar a su lado, por todos los conocimientos que me ha compartido, por el apoyo, comprensión que me brinda.

A mi asesora de tesis M. en I. A. María Angélica Velázquez. Por permitirme trabajar a su lado, por compartir su tiempo, sus conocimientos, al igual que su paciencia y empeño en el desarrollo de este trabajo.

A mis sinodales el I.Q. Rafael Coello García, M. en C. Ana Lilia Maldonado Arellano y M. en I. María Estela de la Torre Gómez Tagle. por su apoyo, interés, comprensión y observaciones.

Al Secretario Técnico de mi Facultad, M. en C. Cesar Saúl Velasco Hernández. Quien me apoyo, compartió su tiempo y me ayudo en mi proceso de titulación.

**POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU.**

## Contenido

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	I
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	II
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	III
<b>IV. ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>4.1 Marco jurídico en materia de residuos peligrosos en México</b> .....	1
<b>4.2 Definición de residuo y clasificación de residuos</b> .....	4
<b>4.3 Situación actual de los Residuos Peligrosos en México</b> .....	7
<b>4.4 Residuos peligrosos</b> .....	9
<b>4.5 Tipos de residuos peligrosos en los laboratorios</b> .....	11
<b>4.6 Situación actual de los Residuos Peligrosos en los laboratorios</b> .....	12
<b>V. MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b> .....	16
<b>5.1 Clasificación</b> .....	17
<b>5.2 Envasado</b> .....	19
<b>5.3 Etiquetado</b> .....	22
<b>5.4 Acondicionamiento</b> .....	24
<b>5.5 Almacenamiento</b> .....	25
<b>5.6 Transporte para disposición final</b> .....	27
<b>5.7 Planes de atención de emergencias</b> .....	29
<b>VI. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	30
<b>6.1 Diseño</b> .....	30
<b>VII. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	31
<b>7.1 Descripción general de Instituto de Investigación</b> .....	31
<b>7.2 Determinación de los puntos críticos mediante la herramienta de calidad lluvia de ideas</b> .....	31
<b>7.3 Elaboración del Diagrama causa-raíz para analizar los siguientes puntos: Infraestructura, proceso, entorno, materiales y métodos, medidas de seguridad</b> .....	34
<b>7.4 Análisis de los residuos peligrosos generados por clasificación durante el periodo de 2012-2017</b> .....	37
<b>7.5 Plan de manejo de residuos peligrosos para el Instituto de Investigación de la UNAM</b> .....	40

<b>7.6 Mecanismo de evaluación y mejora de la implementación del Plan de Manejo</b> .....	54
<b>CONCLUSIONES</b> .....	55
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	56
<b>GLOSARIO</b> .....	60
<b>APÉNDICE A</b> .....	68
<b>Anexo 1</b> Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos ...	69
<b>Anexo 2</b> Bitácora de residuos peligrosos.....	71
<b>Anexo 3</b> Procedimiento para el lavado de frascos de vidrio.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Número		Página
<b>Tabla 1</b>	Generación estimada de Residuos peligrosos según clasificación de residuos 2004-2016	8
<b>Tabla 2</b>	Generación estimada de residuos peligrosos, de acuerdo a la categoría del generador.	8
<b>Tabla 3</b>	Listado de Instituciones de Educación superior en México que cuentan con planes ambientales	14
<b>Tabla 4</b>	Guía para la selección del material de fabricación de los contenedores para el almacenamiento de disolventes residuales	21
<b>Tabla 5</b>	Guía de contenedores disponibles para el almacenamiento de residuos peligrosos químicos	21
<b>Tabla 6</b>	Tipo de riesgo y pictogramas del SGA	23
<b>Tabla 7</b>	Incompatibilidades de elevada afinidad	26
<b>Tabla 8</b>	Análisis del Diagrama Causa Raíz	34
<b>Tabla 9</b>	Resultados del ACR	35
<b>Tabla 10</b>	Clasificación de residuos generados en el año 2012 a 2017	37
<b>Tabla 11</b>	Generación de residuos biológico-infecciosos en el año 2012 a 2017	38
<b>Tabla 12</b>	Tipo de almacenamiento de residuos biológico-infecciosos	49
<b>Tabla 13</b>	Indicadores del Plan de Manejo de los Residuos Peligrosos del Instituto de Investigación	54
<b>Tabla 14</b>	Indicador de Capacitación e indicador de Eventos	54
<b>Tabla 15</b>	Formato de Monitoreo y control del PMRP	54
<b>Tabla 16</b>	Concentraciones de referencia para la clasificación de desechos radiactivos que contengan radionúclidos de vida media larga	64
<b>Tabla 17</b>	Concentraciones de referencia para la clasificación de desechos radiactivos que contengan radionúclidos de vida media corta	65
<b>Tabla 18</b>	Soluciones para realizar el lavado de frascos	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Número		Página
<b>Figura 1</b>	Clasificación de los residuos de acuerdo con la LGPGIR	5
<b>Figura 2</b>	Gestión integral de residuos químicos peligrosos	16
<b>Figura 3</b>	Etiqueta utilizada para la identificación de residuos peligrosos	22
<b>Figura 4</b>	Diseño metodológico	30
<b>Figura 5</b>	Herramienta de calidad “lluvia de ideas” para la implementación de un Plan de manejo de residuos peligrosos	33
<b>Figura 6</b>	Diagrama causa-efecto para la implementación de un Plan de manejo de residuos peligrosos	36
<b>Figura 7</b>	Porcentaje de residuos generados en el año 2012 a 2017	38
<b>Figura 8</b>	Organigrama del Instituto de investigación	41
<b>Figura 9</b>	Etiqueta utilizada en el Instituto de investigación	43
<b>Figura 10</b>	Diagrama para el manejo de residuos radiactivos	51

## LISTADO DE ABREVIATURAS

<b>ANUIES</b>	Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior
<b>ACR</b>	Análisis Causa-Raíz
<b>CADER</b>	Centro de Almacenamiento de Desechos Radiactivos
<b>CAS</b>	Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos)
<b>CNSNS</b>	Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias
<b>CPR</b>	Código de Peligrosidad de los Residuos
<b>COMPLEXUS</b>	Consortio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable
<b>CRETIB</b>	Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-Inflamable
<b>DGGIMAR</b>	Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas
<b>DOF</b>	Diario Oficial de la Federación
<b>EPP</b>	Equipo de Protección Personal
<b>FDS</b>	Ficha de datos de Seguridad
<b>HDPE</b>	High Density Polyethylene (Polietileno de Alta Densidad)
<b>IES</b>	Instituciones de Educación Superior
<b>ININ</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
<b>LGEEPA</b>	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
<b>LGPGIR</b>	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
<b>NOM</b>	Norma Oficial Mexicana
<b>PMR</b>	Plan de Manejo de Residuos
<b>PMRP</b>	Plan de Manejo de Residuos Peligrosos
<b>POE</b>	Personal Ocupacionalmente Expuesto
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>RPBI</b>	Residuos Peligrosos Biológico-Infecioso
<b>PROFEPA</b>	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
<b>RLGPGIR</b>	Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
<b>RP</b>	Residuos Peligrosos
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<b>SGA</b>	Sistema Globalmente Armonizado
<b>UDT</b>	Unidad de Desarrollo Tecnológico
<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>ZMVM</b>	Zona Metropolitana del Valle de México

## I. INTRODUCCIÓN

Debido al hecho que las múltiples actividades humanas han afectado, en la mayoría de las veces en forma negativa al medio en que habitamos, se puede afirmar que nuestra supervivencia dependerá del correcto conocimiento del medio ambiente y de la adopción de medidas inteligentes para preservar, restaurar y mejorar la calidad de éste.

La generación de residuos peligrosos (RP) no es exclusiva de las actividades industriales, y comerciales, sino también de los laboratorios de enseñanza e investigación, ya que generan desechos que, por su naturaleza de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, donde es de vital importancia que se tenga conocimiento de los riesgos que implica el manejo de productos químicos peligrosos y así se tomen las medidas necesarias para prevenir accidentes.

En el ámbito de las instituciones de investigación universitarias, los residuos generados en los laboratorios tienen características particulares que deben ser tomadas en cuenta al determinar la forma más adecuada para su manejo; así mismo, esta circunstancia se puede aprovechar para cubrir los espacios vacíos de conocimientos que existen en ese tema y orientar la educación y capacitación en este campo de manera más crítica, para dar solución de los problemas que conlleva a la generación y manejo de residuos peligrosos. Al llevar a cabo esta labor se deberá implementar un programa o un plan de gestión de residuos que permitan tener buenas condiciones de trabajo en el laboratorio, una adecuada protección de la salud y del medio ambiente, así como un manejo integral de los residuos. (1)

Este trabajo tiene por objetivo implementar un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos (PMRP) y con ello hacer conciencia en los generadores de residuos en el Instituto de investigación de la UNAM, ya sean grandes o pequeños generadores de residuos en el laboratorio y que presten atención al manejo adecuado de los residuos que generan, ya que no solo evitarían una excesiva acumulación de sustancias químicas y de desechos resultantes de la experimentación, sino que también podrían lograr una recuperación económica al invertir menos en el acondicionamiento de los residuos y en el costo de los envíos a empresas encargadas de darles el tratamiento final a cada residuo.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todas las instituciones educativas y las empresas de servicios que cuentan con laboratorios de química o afines, para realizar experimentos en el laboratorio o análisis químicos como parte de los servicios prestados a terceros, los cuales generan residuos derivados de las actividades que desarrollan y tienen características particulares que deben ser tomadas en cuenta al diseñar los planes de manejo.

Dentro del Instituto de Investigación de la UNAM, se generan en promedio 16.82 toneladas de residuos de sustancias químicas al año. Durante el año 2012 al 2017 los residuos son clasificados de acuerdo a su porcentaje de generación: Mezclas de disolventes 67 %, basura industrial 21 %, soluciones acuosas 2%, metales pesados 1 %, sólidos 6 % y otros 3 % (cifra tomada del Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos), lo que lo sitúa al Instituto de Investigación como un gran generador de residuos peligrosos de acuerdo a lo establecido en Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Esta cantidad de residuos generados no se pueden tratar de manera inmediata, causando que su almacenamiento temporal en la Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT) se extienda, dificultando su separación, clasificación y acondicionamiento para reducir su peligrosidad, por lo cual es necesario la implementación de un Plan de Manejo de residuos peligrosos (PMRP), específico para el centro de investigación, que cumpla con las características y especificaciones en las que deben estar los residuos para ser tratados.

Este tipo de problemáticas, demanda responsabilidad y acción de todos los niveles tanto académicos como administrativos, del conocimiento de sus obligaciones para el manejo adecuado de los residuos químicos peligrosos y del estricto cumplimiento de las normas vigentes, lo cual tendrá como beneficio el mejoramiento del ambiente de trabajo al prevenir, frenar y corregir de manera inmediata o a largo plazo los diferentes aspectos del problema, hasta lograr impulsar el acondicionamiento correcto de los residuos químicos peligrosos que se generan de manera continua por parte de la comunidad del Instituto; además de la reducción de los costos en los envíos de los residuos para su tratamiento específico a las empresas certificadas para esta actividad.

### III. OBJETIVOS

#### **Generales:**

- ❖ Implementar un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos en un Instituto de Investigación de la UNAM.

#### **Particulares:**

- ❖ Revisar los aspectos de la normatividad y legislación en materia ambiental, que se establecen para implementar un Plan de manejo de los residuos peligrosos.
- ❖ Proponer un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos para resolver la problemática del manejo residuos peligrosos en un Instituto de Investigación.
- ❖ Analizar cualitativamente las ventajas y desventajas de la implementación de un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos en un centro de investigación.

## **IV. ANTECEDENTES**

### **4.1 Marco jurídico en materia de residuos peligrosos en México**

Las afectaciones al medio ambiente y a la salud causados por los residuos peligrosos son un foco de atención, no solo en México, sino a nivel mundial. Esto ha propiciado que se generen disposiciones regulatorias (leyes, reglamentos y normas), que establecen pautas de conducta a evitar y medidas a seguir para lograr dicho manejo seguro a fin de prevenir riesgos, a la vez que fijan límites de exposición o alternativas de tratamiento y disposición final para reducir su volumen y peligrosidad. (2)

En materia de residuos químicos peligrosos, el marco normativo mexicano incluye a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), los reglamentos de Residuos Peligrosos y de Impacto Ambiental, así como diversas Normas Oficiales Mexicanas (NOM), los cuales regulan el manejo de los residuos peligrosos y señalan como responsable directo del destino de éstos a los generadores.

A continuación, se muestra un listado de estos requerimientos, y su relación con la protección del ambiente por materiales y residuos peligrosos, la inspección, vigilancia y sanciones administrativas:

1. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Título 4°, Cap. VI, Art. 150 a 152bis, Título 6°, Art. Del 161 al 188. (3)
2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), que tiene por objetivo el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación. (4)

Respecto a los residuos peligrosos se referencian los siguientes artículos:

#### **Artículo 28 de la LGPGIR**

Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo, según corresponda:

- a) Los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en los residuos peligrosos a los que hacen referencia las fracciones I a XI del artículo 31 de esta Ley y los que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes.

- b) Los generadores de los residuos peligrosos a los que se refieren las fracciones XII a XV del artículo 31 y de aquellos que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes.
- c) Los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes.

### **Artículo 30 de la LGPGIR**

La determinación de residuos que podrán sujetarse a planes de manejo se llevará a cabo con base en los criterios siguientes y los que establezcan las normas oficiales mexicanas:

- a. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico.
- b. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores.
- c. Que se trate de residuos que contengan sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables.
- d. Que se trate de residuos que representen un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.

### **Artículo 31 de la LGPGIR**

Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:

- a) Aceites lubricantes usados
- b) Disolventes orgánicos usados
- c) Convertidores catalíticos de vehículos automotores
- d) Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo
- e) Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio
- f) Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio
- g) Aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo
- h) Fármacos
- i) Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos
- j) Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados
- k) Lodos de perforación base aceite, provenientes de la extracción de combustibles fósiles y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales cuando sean considerados como peligrosos
- l) La sangre y los compuestos de ésta, sólo en su forma líquida, así como en sus derivados
- m) Las cepas y cultivos de agentes patógenos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación y en la producción y control de agentes biológicos

- n) Los residuos patológicos constituidos por tejido, órganos y partes que se remueven durante necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica que no estén contenidos en formol.
  - o) Los residuos punzo-cortantes que hayan estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas de bisturí, lancetas, jeringas con aguja integrada, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuajes.
3. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de residuos peligrosos. (5)
- Artículos 1, del 5 al 8. Detallan las regulaciones de generador y la regulación de los residuos peligrosos.
  - Artículo del 9 al 27, 34. Presentan el manejo de residuos peligrosos al interior del establecimiento, su almacenamiento temporal y disposición final.
  - Artículo 43. De los derrames, infiltraciones, descarga o vertido de residuos peligrosos.
  - Artículos de 58 al 62. De las medidas de control, seguridad y sanciones.

Normas Regulatorias: (6, 7)

- **Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005**, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- **Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993**, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- **Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998**, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

Nota: Actualmente se encuentra como proyecto de norma: PROY-NOM-005-STPS-2017, Manejo de sustancias químicas peligrosas o sus mezclas en los centros de trabajo-Condiciones y procedimientos de seguridad y salud

- **Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999**, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
- **Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993**, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993. (NOM-052-SEMARNAT-2005).
- **Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002**, protección ambiental - Salud ambiental – Residuos peligrosos biológico infecciosos – Clasificación y especificaciones de manejo

- Se ha publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF), 12/08/2011, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana **PROY-NOM-160-SEMARNAT-2011**, Que establece los elementos y procedimientos para formular los planes de manejo de residuos peligrosos. Donde se establecen los elementos y procedimientos para formular los planes de manejo de residuos, los cuales deberán ser presentados o ingresados a la SEMARNAT cuando este el trámite disponible.

Normas Regulatorias en materia de residuos radiactivos:

Para los residuos radiactivos el Centro de Almacenamiento de Desechos Radiactivos (CADER) recibe desechos radiactivos de nivel bajo y medio generados en actividades no energéticas en nuestro país (industria, medicina y la investigación).

El CADER es un centro de almacenamiento temporal operado por el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), el cual cuenta con estrictos controles de vigilancia, de acuerdo con las leyes, reglamentos nacionales y recomendaciones internacionales. (8)

Los desechos radiactivos requieren ser gestionados de forma segura, para que no causen problemas de salud o de seguridad a las personas y al ambiente. Las normas vigentes para los residuos radiactivos son: (9)

- **Norma Oficial Mexicana** NOM-004-NUCL-2013, clasificación de los desechos radiactivos.
- **Norma Oficial Mexicana** NOM-031-NUCL-2011, Requisitos para el entrenamiento del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes.
- **Norma Oficial Mexicana** NOM-036-NUCL-2001. Requerimientos para instalaciones de tratamiento y acondicionamiento de desechos radiactivos.

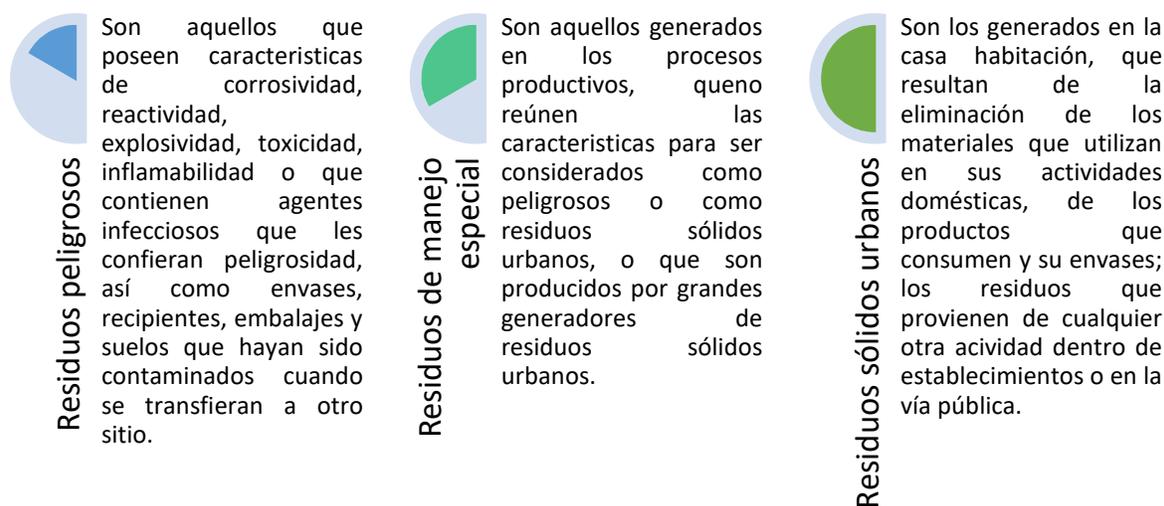
## 4.2 Definición de residuo y clasificación de residuos

Actualmente se tienen diferentes aceptaciones de la palabra *residuo*, por lo que se ha tratado de encontrar una definición válida y aceptada en cualquier país; aunque esto aún no se ha logrado unificar, nos guiaremos con la definición establecida en la LGPGIR. (4)

**Residuo:** Es un material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final.

De acuerdo con la LGPGIR, el principal objetivo de la clasificación de los residuos es dar a conocer a los generadores el estado físico, las propiedades y las

características inherentes de los residuos, dicha clasificación se lleva a cabo atendiendo a dichos aspectos, para que, en función de sus volúmenes, formas de manejo y concentración, anticipen su comportamiento en el ambiente, la probabilidad de que ocasionen o puedan ocasionar efectos adversos a la salud y/o al ambiente. La LGPGIR clasifica los residuos como se muestra en la Figura 1:



Fuente: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

**Figura.1** Clasificación de residuos de acuerdo a la LGPGIR

La Secretaría del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (SEMARNAT) está facultada por la LGPGIR, la cual establece listados, normas o instrumentos a través de los cuales agrupa y subclasifica los diferentes tipos de residuos por categorías en inventarios con el propósito de elaborarlos para orientar la toma de decisiones con base en criterios de riesgo en su manejo. (10)

González A. (2008) hace referencia en que, no todos los residuos son peligrosos, es por ello que la gestión no aplica igual para todos y dependerá del tipo de residuo del que se maneje, por lo que los residuos pueden ser clasificados utilizando diferentes criterios, por ejemplo: origen, tipo de tratamiento al que serán sometidos o potenciales efectos derivados del manejo. (10)

**Clasificación por tipo de tratamiento al que serán sometidos:** Este criterio es útil cuando el objetivo que se pretende definir es la infraestructura que se necesita para el tratamiento y la disposición final del residuo.

Con base en lo anterior se pueden establecer las siguientes clasificaciones:

- Residuos asimilables a residuos urbanos y por lo tanto se pueden disponer en conjunto.
- Desechos para los que la incineración es el tratamiento idóneo.

- Los que deben disponerse en rellenos sanitarios,
- Residuos que se generan en grandes cantidades y requieren tratamiento particular.
- Los que son sometidos a un proceso de valorización extra.

**Clasificación por origen:** Esta clasificación es sectorial, ya que no importa la cantidad de categorías o agrupaciones que se puedan realizar.

De esta última clasificación destacan los residuos municipales, los residuos hospitalarios o residuos infecciosos, los residuos industriales y radiactivos, debido a la cantidad que se generan y el trato especial que se les debe dar.

- I. **Residuos Sólidos Urbanos:** La generación de residuos sólidos urbanos varían en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.
- II. **Residuos Industriales:** La cantidad de residuos que se generan están en función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.
- III. **Residuos Hospitalarios o biológico infecciosos:** La composición de los residuos hospitalarios o biológico infecciosos varían desde el residuo tipo residencial y comercial, hasta residuos del tipo médico que contienen sustancias peligrosas.  
Se entiende por residuo biológico infeccioso aquellos que contienen microorganismos patógenos tales como bacterias, parásitos, virus oncogénicos y recombinantes como sus toxinas, con el suficiente grado de virulencia y concentración que pueda producir una enfermedad infecciosa en huéspedes susceptibles.
- IV. **Radiactivos:** Estos residuos contienen o están contaminados por radionúclidos, en concentraciones o actividades superiores a los niveles de exención establecidos por la autoridad competente para el control del material radiactivo, y para los cuales no se prevé ningún uso. Esos materiales se originan en el uso de fuentes radiactivas adscritas a una práctica y se retienen con la intención de restringir las tasas de emisión a la biosfera, independientemente de su estado físico. (10)

### **Clasificación por los potenciales efectos derivados del manejo**

Dentro de esta clasificación podemos encontrar:

- **Residuos peligrosos:** son aquellos residuos que por sus características (corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológico-infecciosas) son peligrosos, ya que toda operación realizada con residuos peligrosos, desde su generación hasta su destino final, es potencialmente

generadora de impactos ambientales negativos. La magnitud y duración de los mismos dependerá del tipo de residuo y del manejo que se le dé.

- **Residuos peligrosos no reactivos:** son residuos peligrosos que han sufrido algún tipo de tratamiento por medio del cual han perdido su naturaleza de peligrosos.
- **Residuos inertes:** son los residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.
- **Residuos no peligrosos:** son los que no pertenecen a ninguna de las tres categorías anteriores. Como ejemplos de esta categoría podemos mencionar a los residuos domésticos y los de barrido.

### 4.3 Situación actual de los Residuos Peligrosos en México

Los residuos que generamos son un reflejo de las formas de producción y consumo de las sociedades en que vivimos, por lo cual su gestión debe adecuarse a los cambios que se producen en ambos procesos. Como resultado de la globalización, de la economía y del comercio, prácticamente todos los países están viendo cambiar la composición y el volumen de sus residuos, en particular México, que es uno de los que más tratados comerciales internacionales ha firmado en la consecuente apertura comercial.

La aproximación más reciente sobre el volumen de generación de RP para el país se obtiene de las empresas generadoras que se han registrado ante la SEMARNAT mediante los trámites SEMARNAT-07-004-A. "Aviso de inscripción como empresa generadora de residuos peligrosos", y SEMARNAT-07-017. "Registro como generador de residuos peligrosos". Estas empresas se registran por única vez y en adelante sólo actualizan la generación de sus residuos. Los periodos reportados corresponden a los de integración y actualización del Inventario Nacional de Generación de Residuos Peligrosos.

En la Tabla 1 se muestra la generación estimada de Residuos peligrosos según clasificación de residuos para el periodo de 2004-2016, de acuerdo a la información de la Dirección general de Gestión Integral de materiales y actividades riesgosa, contenida en dicho registro. Esta cifra, sin embargo, no debe considerarse como el volumen total de RP generados en el país en ese periodo, debido a que el PGRP no incluye a la totalidad de las empresas que producen estos residuos en el territorio. (11)

Si se examina la generación estimada de RP en función de la categoría del generador (micro, pequeño y gran generador), para el periodo 2004-2017 de lo reportado a la Dirección general de Gestión Integral de materiales y actividades riesgosa lo cual se muestra en la Tabla 2. (12)

**Tabla 1.** Generación estimada de Residuos peligrosos según clasificación de residuos 2004-2016

<b>Tipo de residuos 2004-2016</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Generación estimado Toneladas (t)</b>
Residuos solidos	Telas, pieles o asbestos	95 518.43
	Mantenimiento auto	131 753.39
	Metales Pesados	69 548.24
	Tortas de filtrado	2 680.76
	Otros sólidos	726 074.40
Líquidos residuales de proceso	Corrosivos	22 308.07
	No corrosivos	67 165.25
Aceites gastados	Dieléctrico	94 099.62
	Lubricantes	247 035.71
	Hidráulicos	29 177.54
	Solubles	15 013.32
	Templado metales	242.14
	Otros aceites	93 270.00
Disolventes	Orgánicos	73 088.52
	Organoclorados	1 002.21
Lodos	Aceitosos	40 179.38
	Galvanoplastia	7 737.91
	Proceso de pinturas	46 534.04
	Templado de metales	561.83
	Tratamiento de aguas de proceso	27 394.03
	Tratamiento de aguas negras	11 572.99
	Otros lodos	51 694.80
Breas	Catalíticas	114.49
	De destilación	186.79
	Otras breas	291.46
Biológico-Infeccioso	Cultivos y cepas	6 137.87
	Objetos punzocortantes	24 400.79
	Patológicos	33 434.54
	Anatómicos	92 790.18
	Sangre	8 211.14
Escorias	Finas	59 914.75
	Granulares	77 178.32
Sustancias corrosivas	Ácidos	15 838.12
	Álcalis	7 756.35
Otros residuos	-	225 905.62
<b>Total</b>		<b>2 402 812.97</b>

Fuente: Dirección general de Gestión Integral de materiales y actividades riesgosa

**Tabla 2.** Generación estimada de residuos peligrosos, de acuerdo a la categoría del generador

2004-2017	Micro generador		Pequeño generador		Gran generador	
	Número de empresas	Generación estimada (toneladas)	Número de empresas	Generación estimada (toneladas)	Número de empresas	Generación estimada (toneladas)
ZMVM	12 107	7790.08	5 235	18 966.68	1 367	686 064.06
<b>Total</b>	<b>67 342</b>	<b>14197.56</b>	<b>40 268</b>	<b>116 560.91</b>	<b>7 548</b>	<b>2 316 838.10</b>

Fuente: Dirección general de Gestión Integral de materiales y actividades riesgosa

## 4.4 Residuos peligrosos

Es necesario contar entonces con una definición clara y consistente de "residuo peligroso", de forma que se puedan desarrollar estrategias seguras para lograr una gestión adecuada de los mismos. La definición debería contemplar que la variedad de residuos peligrosos se incrementa periódicamente como consecuencia de la utilización y la fabricación de nuevos productos, así como la utilización de nuevos procesos industriales.

Las definiciones legales pueden perseguir diferentes objetivos, por lo que existe un amplio rango de definiciones, tanto en un mismo país como a nivel internacional.

De acuerdo con lo anterior, para que un residuo se clasifique como peligroso, se toman distintos criterios que a continuación se mencionan:

- Pertenecer a listas de tipos específicos de residuos.
- Estar incluidos en listas de residuos generados en procesos específicos.
- Presentar alguna característica de peligrosidad (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico-infeccioso).
- Contener sustancias definidas como peligrosas.
- Superar límites de concentración de sustancias definidas como peligrosas.
- Superar límites establecidos al ser sometidos a ensayos normalizados.

La selección de los criterios utilizados dependerá de las necesidades del país, del desarrollo de la política y la gestión de residuos, de los recursos presupuestales y las limitaciones en materia de infraestructura analítica para la caracterización de los residuos. (13)

### 4.4.1 Criterios empleados en México para clasificar un residuo como peligroso

La LGPGIR, precisa que la clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo. (11)

La Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que permite al generador de los residuos identificar si sus desechos son peligrosos a partir de los criterios que se resumen a continuación:

Inicialmente se verifica si el residuo está incluido en alguno de los cinco listados siguientes, incluidos en la Norma:

**Listado 1.** Clasificación de residuos peligrosos por fuente específica (actividades que generan residuos peligrosos y que están definidas por giro o proceso industrial).

**Listado 2.** Clasificación de residuos peligrosos por fuente no específica (actividades que generan residuos peligrosos y que por llevarse a cabo en diferentes giros o procesos se clasifican de manera general).

**Listado 3.** Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificación o caducos (Tóxicos Agudos. Grado en el cual una sustancia o mezcla de sustancias puede provocar, en un corto periodo de tiempo o en una sola exposición, daños o la muerte de un organismo).

**Listado 4.** Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificación o caducos (Tóxicos Crónicos. Propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de causar efectos dañinos a largo plazo en los organismos, generalmente a partir de exposiciones continuas o repetidas y que son capaces de producir efectos cancerígenos, teratogénicos o mutagénicos).

**Listado 5.** Clasificación por tipo de residuos, sujetos a Condiciones Particulares de Manejo.

Si el residuo no está incluido en los listados anteriores, puede estar regulado por normas específicas como las listadas a continuación:

- **Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002**, protección ambiental - Salud ambiental – Residuos peligrosos biológico infecciosos – Clasificación y especificaciones de manejo
- Norma Oficial Mexicana NOM-133-SEMARNAT-2015, Protección ambiental- Bifenilos Policlorados (BPCs)-Especificaciones de manejo
- NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales mineros;
- NORMA Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental. - Lodos y biosólidos. -Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental- Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes
- NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007, Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata.
- NOM-159-SEMARNAT-2011, Que establece los requisitos de protección ambiental de los sistemas de lixiviación de cobre.

Adicionalmente, se identifican también como residuos peligrosos los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados (Art. 35, Reglamento de la LGPGIR).

#### **4.5 Tipos de residuos peligrosos en los laboratorios**

Un laboratorio químico es una instalación en la cual se maneja una gran variedad de reactivos químicos en pequeñas cantidades, cuya función no es la producción, en comparación con instalaciones que manejan reactivos químicos en grandes cantidades, pero menos diversos como son las empresas industriales. (14)

La función que cumple un laboratorio químico depende de la naturaleza de la institución en la que se encuentre. En el caso de una institución educativa, un laboratorio sirve para demostrar las propiedades de determinadas sustancias y compuestos, así como para enseñar el manejo y aplicación de técnicas más comunes usadas en los laboratorios a los futuros profesionales. En las áreas de servicios, los laboratorios llevan a cabo pruebas de calidad de materias primas y de los productos finales, esto para determinar la composición o pureza de los materiales. Los laboratorios químicos también se utilizan para la investigación y desarrollo de nuevos productos, para la investigación básica o aplicada. En la industria los laboratorios sirven para el control de la materia prima e insumos de los productos en proceso, así como el de los productos finales y subproductos.

En todos los laboratorios no importando la función que lleven a cabo se generan residuos que es necesario gestionar, por lo que es necesario distinguir las alternativas para su reutilización, valorización, tratamiento o disposición final.

Dentro de los tipos de laboratorios se pueden encontrar residuos químicos que son el resultado de acciones y operaciones, muchas de ellas inadecuadas, pero que sirvieron para llegar a un producto o subproducto final. Entre los principales tipos de residuos y sus diferentes orígenes se encuentran (14):

- Reactivos que han caducado: Son aquellos que por falta de continuidad en su aplicación o utilización van siendo relegados dentro de los almacenes, y al cabo de cierto periodo de tiempo ya no pueden ser utilizados.
- Reactivos químicos que no cumplen con las especificaciones: Son aquellos reactivos que al momento de ser adquiridos son comprados a granel y sin proveedor conocido.
- Reactivos químicos preparados inadecuadamente: Este tipo de reactivos son frecuentes en el proceso de aprendizaje, ya que en el momento de la preparación los estudiantes cometen errores. Esto también ocurre con analistas experimentados, pero es menos frecuente.
- Reactivos químicos contaminados durante la manipulación: Es común en los centros educativos. Este tipo de causa de contaminación de reactivos o

soluciones disminuye cuando aumenta la destreza por parte de los estudiantes.

- Muestras no deseadas: Se generan cuando los proveedores de los reactivos proporcionan muestras para que sean analizadas y en el caso de no ser útiles se transforman en residuos.
- Reactivos en exceso resultante de compras no planificadas: Son aquellos que se generan por la falta de coordinación entre los encargados de los laboratorios y los encargados de la logística de la institución, haciendo que en algunos casos se compren reactivos en excesos.
- Reactivos que pertenecen a proyectos cancelados o de investigadores que ya no trabajan en el laboratorio: La movilidad de algunos investigadores o la falta de continuidad de los proyectos genera la acumulación de reactivos, que luego requieren de una gestión adecuada.
- Otros: En esta sección se adicionan los residuos de rutina que son: reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio, en la investigación, reactivos usados para el control de calidad, para la calibración de equipos y los disolventes resultantes de las operaciones de limpieza.

#### **4.6 Situación actual de los Residuos Peligrosos en los laboratorios**

De acuerdo con la legislación ambiental mexicana, las alternativas para prevenir riesgos derivados con la introducción sin control de residuos al medio ambiente, incluyen la prevención de su generación, así como, su valorización (reutilización, reciclado o co-procesamiento), tratamiento (físico, químico, biológico o térmico) y su disposición final adecuada. Para lograr esto último, en la LGPGIR establece la obligación de implementar planes de manejo que describan la forma en que cada generador, en este caso la institución educativa (un gran generador), pondrá en práctica distintas formas de manejo de sus residuos. (15)

En general, las instituciones de educación superior congregan una gran cantidad de personas, por ello son consideradas como fuentes de alta tasa de generación de residuos peligrosos derivados de la docencia o la investigación, por lo que requieren de contar con estrategias y protocolos perfectamente establecidos que garanticen el manejo correcto de los residuos, para evitar la problemática que generan y los riesgos que representan tanto a la salud pública como al medio ambiente. (16)

Actualmente, la información acerca de los residuos que generan las instituciones de educación superior, de investigación y docencia es muy escasa; principal consecuencia de esta carencia es el desconocimiento de medidas que permitan el establecimiento de un plan de manejo que asegure el tratamiento y disposición adecuada de los residuos generados. (15)

Otros aspectos que hacen necesario la implantación de un plan de manejo de residuos peligrosos es el de cuidar el entorno inmediato donde los investigadores, estudiantes y trabajadores, en general, que desempeñan sus actividades

cotidianas, además de mantener las actividades vinculadas a la salud y seguridad en los lugares de trabajo. (17)

En México, se ha conformado una organización denominada Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS), cuyo objetivo principal es la colaboración y coordinación de programas ambientales universitarios, comprometidos con la incorporación de la dimensión ambiental en los quehaceres de sus instituciones. (15)

Respecto a programas de manejo, existe un listado de las Instituciones de Educación Superior (IES) que cuentan con un programa de gestión ambiental universitario, la Tabla 3 hace el listado de las instituciones inscritas del 2007 al 2012. (18).

La lista de las IES mencionadas en la Tabla 3, son aquellas que se incorporaron al Proyecto Estratégico Interinstitucional denominado “Desarrollo del Plan de acción para el Desarrollo Sustentable en las Instituciones de Educación Superior en México. Segunda Etapa: Los Planes Ambientales Institucionales”, con el que se buscó impulsar cambios en la estructura y dinámica institucional de las IES en México. (18)

El proyecto pretendía que cada institución de educación superior contara con una estrategia institucional para la incorporación de la perspectiva ambiental y de sustentabilidad en el quehacer cotidiano de la dinámica institucional. Dicha estrategia se expresaría en un plan ambiental institucional.

- El medio que eventualmente, posibilitara la creación de organizaciones ambientales universitarias en las regiones de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES)

De acuerdo con Bravo T. (2012), dichos planes se contemplaron como:

- Una estrategia para promover el cambio ambiental al interior de cada una de las instituciones de educación superior participantes.
- La visión institucional para fortalecer y potenciar su vinculación con el entorno socioambiental.
- Un instrumento que posibilitara la gestión ambiental interna.
- Un mecanismo para promover capacidades ambientales en las IES.

**Tabla 3.** Listado de Instituciones de Educación Superior en México que cuentan con planes ambientales

<b>Región Noreste</b>	
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero	Plan institucional de educación y seguridad ambiental (PIESA-ITCM)
Instituto Tecnológico de Matamoros	Plan ambiental institucional (PAI-ITM)
Instituto Tecnológico de Zacatecas	Plan de acción institucional de seguridad ambiental
<b>Región Centro Occidente</b>	
Universidad de Guadalajara	Plan ambiental institucional
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Plan ambiental institucional
Instituto de Colima	Programa integral de mejora ambiental PIMATEC
Instituto Tecnológico de Aguascalientes	Plan ambiental institucional
Centro de Enseñanza Técnica Industrial	Programa institucional para el medio ambiente PIMACETI
Universidad del Valle de Atemajac	Plan ambiental institucional
Universidad Iberoamericana León	Programa de sustentabilidad
Universidad Autónoma de Aguascalientes	Plan institucional de protección ambiental
<b>Región Metropolitana</b>	
Universidad Autónoma Metropolitana	Plan institucional hacia la sustentabilidad de la UAM
Instituto Politécnico Nacional	Programa ambiental
Facultad de Química UNAM	Manual de seguridad
FES Zaragoza UNAM	Plan institucional y colectivo
<b>Región Centro Sur</b>	
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	Plan ambiental institucional
Universidad Autónoma de Tlaxcala	Plan ambiental universitario
Instituto Tecnológico de Toluca	Plan ambiental institucional
Instituto Tecnológico de Puebla	Plan ambiental institucional PAI-ITP
Universidad Tecnológica Tula Tepeji	Plan institucional de desarrollo ambiental
<b>Región Sur-Sureste</b>	
Universidad Autónoma de Chiapas	Plan ambiental institucional UNACH
Universidad Autónoma de Yucatán	Programa institucional del medio ambiente PIMA
Universidad Veracruzana	Plan interinstitucional para el desarrollo sustentable
Universidad de Quintana Roo	Programa ambiental institucional PAMI
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	Programa ambiental para el desarrollo sustentable
Colegio de la Frontera Sur	Plan ambiental PAECOSUR
Instituto Tecnológico de Orizaba	Plan ambiental institucional
Instituto Tecnológico de Campeche	Plan ambiental tecnológico
Universidad Autónoma del Carmen	Programa universitario de educación para el desarrollo sustentable PUEDES
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas	Plan universitario para el desarrollo sustentable
Universidad Autónoma de Campeche	Programa ambiental institucional
Universidad Pedagógica Veracruzana	YOLISTLI Agenda Ambiental
Instituto Tecnológico de Minatitlán	"Meta ambiental" Movimiento estratégico del ITM para el mejoramiento ambiental

Fuente: Teresa Bravo Mercado. Planes Ambientales para la Educación Superior en México (2012).

En términos generales el proyecto se conformó por cuatro fases:

1. Primera fase: Formación ambiental.

En esa primera fase se analizaron aspectos contextuales del devenir de la discusión ambiental, el desarrollo sustentable, algunos aspectos de la actualidad política ambiental y se revisó de manera minuciosa una propuesta para la elaboración de los planes ambientales.

2. Segunda fase: Elaboración del Plan Ambiental.

Comprendió el desarrollo de los trabajos acordados en la primera fase; se realizaron reuniones de seguimiento en cada región, previa a la finalización del plan, en donde se presentaron éstos de manera preliminar, a fin de enriquecerlos con comentarios y sugerencias de todos los participantes.

3. Tercera fase: Gestión institucional.

Esta fase se refiere a las gestiones que los participantes realizaron, para la aprobación interna en la institución del plan diseñado.

4. Cuarta fase: Presentación oficial de los planes ambientales.

Se presentaron los planes ambientales aprobados en cada una de las instituciones participantes.

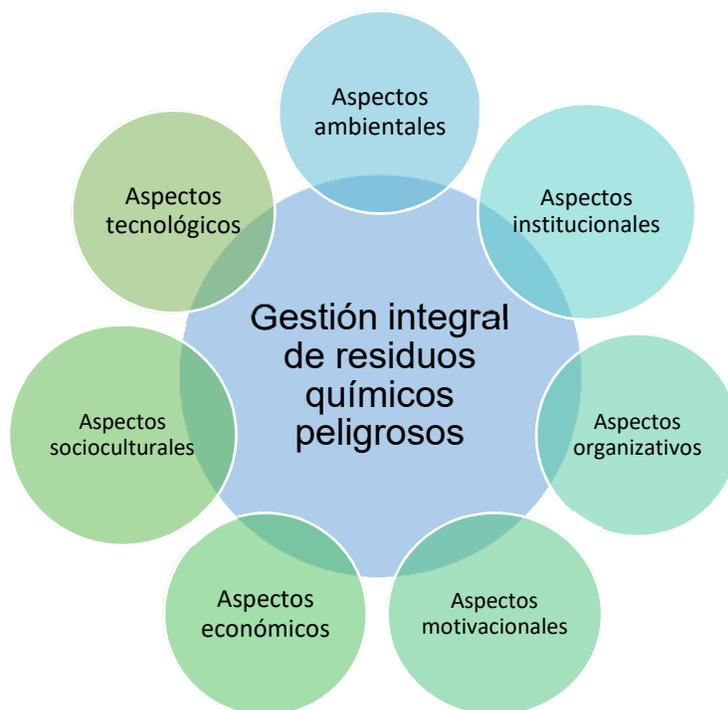
Los planes ambientales pretenden principalmente impulsar cambios en la estructura y dinámica institucional, a fin de promover que las Instituciones de Educación Superior (IES) estén en condiciones de responder a la problemática socioambiental del país y de contribuir con la construcción de escenarios del medio ambiente y del desarrollo.

## V. MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

El manejo y/o disposición segura de los residuos peligrosos se puede conseguir de distintas formas: (19)

- a) Mediante la minimización de su generación
- b) por el reciclaje y reúso previo a su tratamiento y disposición final
- c) por medio del tratamiento que reduce su peligrosidad
- d) por su confinamiento adecuado.

Actualmente, la gestión de los residuos está enfocada a reducir el grado de peligrosidad y la cantidad de desechos generados en el centro, instituto, departamento o laboratorio que produzca residuos peligrosos. Para una adecuada gestión de residuos químicos peligrosos de los laboratorios, se deben tomar en cuenta diferentes aspectos como se muestra en la Figura 2: (19)



**Figura.2** Gestión integral de residuos químicos peligrosos

Estos aspectos sirven para hacer un estudio sobre las consecuencias que hay hacia el medio ambiente y la salud de los integrantes de una institución, para la toma de decisiones al momento de realizar un plan en el cual muestre el manejo correcto de los desechos peligrosos, proponiendo un sistema de gestión integral institucional que prevenga, minimice, separe, reutilice, recupere, recicle, trate y realice la disposición adecuada de los residuos peligrosos. (13)

Las instituciones generadoras de residuos químicos peligrosos deberán conocer e identificar cualitativamente y cuantitativamente los desechos que generan como consecuencia de las actividades que desempeñan, así como la frecuencia con la que producen los mismos. (20)

La adecuada gestión de los residuos debe tener en cuenta las normativas existentes, ya sea a nivel nacional o internacional y poder así clasificar aquellos residuos que tienen una legislación específica como lo son los residuos radiactivos, biológicos y cancerígenos.

El procedimiento que se lleva a cabo para la gestión de los residuos es:

1. Identificar y clasificar sustancias, materiales y los residuos peligrosos generados, de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas.
2. Envasar los residuos según la clasificación que se haya determinado y a su compatibilidad química.
3. Etiquetar los envases de forma clara y legible, con etiquetas que contengan información precisa para identificar el residuo y la procedencia de este.
4. Establecimiento de sistemas, métodos y procedimientos adecuados para su manejo.
5. Almacenar los residuos en zonas adecuadas, por un periodo máximo de seis meses.
6. Determinar la disposición final de los residuos peligrosos.
7. Informar y capacitar a todo el personal involucrado en el manejo de sustancias y residuos peligrosos.

## 5.1 Clasificación

Para realizar una clasificación adecuada de los residuos, es necesario tener en claro que no todos los residuos peligrosos pueden presentar los mismos tratamientos, por lo que se toma en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los residuos, las reacciones de incompatibilidad en el caso de mezcla y su tratamiento final. Lo anterior es con el fin de reducir los costos del tratamiento lo menor posible y así evitar una constante exposición a los residuos al momento de su separación. (20)

- I. **Disolventes halogenados:** Son líquidos orgánicos, muy tóxicos, irritantes y, en algunos casos, cancerígenos, con contenidos superiores al 2% de algún halógeno. En esta categoría también se incluyen las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados siempre que el contenido de halógenos en la mezcla sea superior al 2%.
- II. **Disolventes no halogenados:** Son líquidos orgánicos inflamables y tóxicos que contienen menos de un 2% en halógenos. Dentro de esta categoría se incluyen las mezclas de disolventes que son inmiscibles entre sí y que son inevitables de encontrar y que dificultan el tratamiento posterior. Como ejemplo se señalan

algunos: alcoholes, aldehídos, amidas, aminas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos, nitrilos, etc.

- III. **Disoluciones acuosas:** Son soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Esta categoría es muy amplia por lo que establece subdivisiones para hacer más adecuada su compatibilidad y para posteriormente tener un tratamiento adecuado:
- a. **Disoluciones acuosas inorgánicas.**
    - i. Disoluciones acuosas básicas.
    - ii. Soluciones acuosas de metales pesados.
    - iii. Soluciones acuosas de cromo hexavalente (VI)
  - b. **Disoluciones acuosas inorgánicas o de alta demanda química de oxígeno.**
    - i. Disoluciones acuosas de colorantes.
    - ii. Disoluciones de fijadores orgánicos.
    - iii. Mezcla de agua/disolvente.
- IV. **Ácidos:** En esta categoría se incluyen todos los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas con más del 10% en volumen. Se debe tomar en cuenta que las mezclas de algunos ácidos, en función de la composición y la concentración, producen reacción química peligrosa con desprendimiento de vapores tóxicos e incremento de temperatura.
- V. **Aceites:** Son aceites minerales derivados de operaciones de mantenimiento, de baños calefactores, etc.
- VI. **Sólidos:** Se trata de productos químicos en estado sólido, de naturaleza orgánica o inorgánica, que no deben mezclarse entre sí, al igual que el material desechable contaminado con productos químicos. Esta categoría establece los siguientes subgrupos:
- a. **Sólidos orgánicos:** Productos químicos de naturaleza orgánica o contaminados con productos químicos orgánicos.
  - b. **Sólidos inorgánicos:** Productos químicos de naturaleza inorgánica.
  - c. **Material desechable contaminado:** Es todo material contaminado con diversos productos químicos. Como ejemplo se encuentran:
    - i. Guantes / mangueras / pipetas de plástico
    - ii. Papel absorbente / filtros
    - iii. Contenedores o envases de las sustancias químicas
- VII. **Productos especiales:** En esta categoría se encuentran los productos químicos sólidos o líquidos que por su elevada toxicidad o peligrosidad no pueden ser incluidos en ninguna de las otras categorías, así como los reactivos puros obsoletos o caducos. Bajo ningún concepto estos productos deben mezclarse entre sí o con otros residuos de los otros grupos. Siempre que sea posible, los residuos de este grupo se mantendrán en su envase original limitados en cantidades iguales o inferiores a un litro. Dentro de esta categoría se encuentran:
- a. **Comburentes:** Peróxidos.

- b. **Compuestos pirofóricos:** Magnesio metálico en polvo, Butil litio.
  - c. **Compuestos muy reactivos:** ácidos fumantes, metales alcalinos, hidruros, compuestos peroxidables, restos de reacción, compuestos con halógenos activos, compuestos polimerizables.
  - d. **Compuestos no identificados:** productos no etiquetados.
- VIII. **Vidrio contaminado:** Es el material de vidrio contaminado con restos de productos químicos en el que hay que incluir las botellas de vidrio vacías cerradas y con restos de productos químicos. A este grupo no corresponden las pipetas de vidrio, ni otro material punzante, ni el material de vidrio limpio o no contaminado con productos químicos.
- IX. **Biopeligrosos:** Son los productos asimilables a residuos de origen sanitario e incluye:
- a. Los cultivos microbiológicos.
  - b. Residuos de animales infecciosos, residuos anatómicos, sangre y hemoderivados en forma líquida.
  - c. Agujas, hojas de bisturí y material punzante y/o cortante.

## 5.2 Envasado

Para el envasado y la correspondiente separación de los residuos peligrosos, se emplearán distintos tipos de recipientes dependiendo el tipo de residuo, de la cantidad producida y de la capacidad de almacenaje existente. En algunos casos, los contenedores originales de materiales peligrosos pueden ser reutilizados para recolectar el mismo tipo de material residual. A continuación, se mencionan algunos ejemplos de contenedores para residuos peligrosos químicos (21):

- Contenedor de polietileno (HDPE) de 5 galones
- Tambor de boca abierta de polietileno de 30 galones
- Tambor de fibra de vidrio de 55 galones
- Tambor de boca abierta o cerrada de metal de 55 galones
- Tambor de boca cerrada de polietileno (HDPE) de 55 galones
- Contenedor de polipropileno (PP) de 5 galones
- Contenedor de vidrio recubierto con PVC de un galón
- Botella de polipropileno (PP) de 30 mL
- Botella de polipropileno (PP) de 60 mL
- Botella de polipropileno (PP) de 125 mL
- Botella de polipropileno (PP) de 250 mL
- Botella de polipropileno (PP) de 500 mL
- Botella de polipropileno (PP) de 1000 mL
- Botella de vidrio\* de 60 mL, solo para uso con residuos incompatibles con otros materiales
- Botella de vidrio\* de 125 mL, solo para uso con residuos incompatibles con otros materiales

- Botella de vidrio\* de 250 mL, solo para uso con residuos incompatibles con otros materiales

\*Existen contenedores con una recubierta plástica que permite que al caer y romperse la sustancia contenida no se disperse, reteniendo el líquido por algunos minutos, dando tiempo para buscar el equipo de protección e instrumentos para la contención definitiva del residuo.

El generador es responsable de la adquisición de los contenedores que estén en buenas condiciones y que sean compatibles con los residuos contenidos en ellos. Algunos ejemplos de contenedores de residuos peligrosos químicos que pueden ser utilizados de acuerdo con su compatibilidad se describen en las Tablas 4 y 5. (21)

Los contenedores de residuos químicos peligrosos no deben manejarse o almacenarse de forma que se puedan derramar o romper, para eso existen ciertas recomendaciones para un manejo adecuado que son: (21)

- No llenar un contenedor a más del 80% de su capacidad. Esto permitirá la expansión en caso de un aumento en la temperatura o un congelamiento de materiales acuosos.
- Proteger al contenedor del congelamiento y/o calentamiento extremo.
- Mantener los materiales inflamables alejados de fuentes de ignición.
- Manejar los contenedores de residuos mediante el uso de herramientas adecuadas como llaves antichispas, montacargas, sellos de teflón, etc.
- Todos los residuos que sean trasladados fuera del almacén o laboratorio y de la dependencia deberán estar debidamente etiquetados.
- Los residuos deberán envasarse de acuerdo a las características del residuo y colocarse en recipientes que resistan la corrosión.

**Tabla 4.** Guía para la selección del material de fabricación de los contenedores para el almacenamiento de disolventes residuales

Disolvente	Acero	Acero Inoxidable	Polietileno	Disolvente	Acero	Acero Inoxidable	Polietileno
Ácido acético	N	S	S	Aceite de combustible	S	S	S
Acetona	S	S	S	Heptano	S	S	S
Anilina	N	S	S	Hexano	S	S	S
Benceno	N	S	S	Keroseno	S	S	S
2-Butanona	S	S	S	Metanol	S	S	S
Butileno	S	S	N	Cloruro de metileno	N	S	N
CFC Clorofluorocarbonos	N	S	N	Metil-isobutil-cetona	S	S	S
Ciclohexano	S	N	N	Pentano	S	N	S
Ciclohexanona	N	S	N	Éter de petróleo	S	S	N
Etanol	S	S	S	Tolueno	S	S	S
Acetato de etilo	N	S	S	Tricloroetileno	N	S	N
Éter etílico	S	S	N	Xileno	S	S	S

N= no compatible S= compatible

Fuente: Gavilán García I. Guía técnica de acción para residuos químicos. (2012) p. 11

**Tabla 5.** Guía de contenedores disponibles para el almacenamiento de residuos peligrosos químicos

Contenedor	Capacidad	Material	Residuos compatibles	Residuos incompatibles
Tambor cerrado con tapón superior	5, 30, 55 gal	Acero	Aceites usados. Mezclas de disolventes. Disolventes clorados. Productos químicos fotográficos con pH 3-11. Refrigerantes	Ácidos concentrados
Tambor abierto con tapa de cerradura de palanca	5, 30, 55 gal	Acero	Residuos sólidos de laboratorio. Residuos sobre-empacados. Lodos y suelos.	Metales puros
Tambor recubierto cerrado con tapón superior	55 gal	Acero recubierto con material epóxico	Disoluciones ácidas. Disoluciones alcalinas. Disolventes. Productos químicos. Fotográficos con concentración. >2%. Ácido nítrico <70%	Disolventes clorados
Tambor cerrado con tapón superior	30, 55 gal	Acero inoxidable	Ácido nítrico >70%	
Tambor abierto	5 gal	Polietileno (HDPE)	Residuos sólidos de laboratorio.	
Bombona	5 gal	Polietileno (HDPE)	Residuos acuosos con o sin metales. Productos químicos fotográficos. Refrigerante.	Aceites, disolventes, disolventes clorados
Contenedor de fibra Bio cajas	1*1*1.5 ft	Fibra de vidrio	Residuos médicos esterilizados. Punzocortantes y sangre.	
Tambor de tapón superior abierto y venteado	55 ft	Acero galvanizado	Escombros. Líquidos solidificados. Residuos de laboratorio.	
Caja estándar para residuos	52*52*87 pulg.	Acero	Escombros sólidos grandes. Tambores sobre empacados.	
Contenedor rígido de residuos de bajo nivel	4*4*7 pulg. 2*4*7 ft	Acero	Escombros de construcción. Equipo contaminado. Cajas de guantes.	

Fuente: Gavilán García I. Guía técnica de acción para residuos químicos. (2012) p. 12

### 5.3 Etiquetado

Todo envase de residuos peligrosos debe estar correctamente etiquetado, mencionando tanto el contenido como el productor de este. Los envases y contenedores estarán convenientemente etiquetados con el nombre del o de los residuos que contiene (indicando composición en caso de una mezcla), departamento, laboratorio o edificio, material y volumen del envase que los contiene (20).

La función del etiquetado es permitir una rápida identificación del residuo, así como de informar del riesgo asociado al mismo, tanto al usuario como al gestor. El contenido de las etiquetas provistas por la institución gestora se muestra en la Figura 3:

ENVASES VACIOS DE PLASTICO	
COMPOSICIÓN:	
 <p><b>NOXIVO</b></p> <p>Nocivo por ingestión. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos</p>	<b>RESIDUO PELIGROSO</b> Código de Identificación R.D. 833/1998 y R.D. 952/1997 <b>Tabla 1: Q 14 //</b> <b>Tabla 2: D 15 / R.....//</b> <b>Tabla 3: S 26 //</b> <b>Tabla 4: C 41/51 //</b> <b>Tabla 5: H 5 /.....//</b> <b>Tabla 6: A 871 (7) //</b> <b>Tabla 7: B 0019 //</b> <b>CÓDIGO CER: 15 01 10</b>  Fecha Envasado:...../...../.....
<b>Nombre del centro productor:</b> UNIVERSIDAD DE MÁLAGA <b>Dirección:</b> Campus de El Ejido y Campus Teatinos <b>Teléfono:</b> SEPRUMA 952 13 72 43	<b>SERVICIO GEMASUR</b> Teléfono Emergencias 24 h: <b>902 100 757</b>

Fuente: Tomado de Universidad de Málaga. [https://www.uma.es/servicio-adquisiciones/navegador\\_de\\_ficheros/Materiales-peligrosos/listado/Area%20Higiene/](https://www.uma.es/servicio-adquisiciones/navegador_de_ficheros/Materiales-peligrosos/listado/Area%20Higiene/)

**Figura.3** Etiqueta utilizada para la identificación de residuos peligrosos

Se debe hacer hincapié que todos los residuos deben etiquetarse desde su generación, ya que al momento de hacerlo se evitan residuos de procedencia desconocida y facilitan su clasificación para tratamiento o disposición final. (22)

La NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. Tiene como objetivo establecer los requisitos para disponer en los centros de trabajo la

identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas, a fin de prevenir daños a los trabajadores y al personal de emergencia. (23)

El Sistema Globalmente Armonizado (SGA) comprende los siguientes elementos:

- a) Criterios armonizados para clasificar sustancias y mezclas con arreglo a sus peligros ambientales, físicos y para la salud.
- b) Elementos armonizados de comunicación de peligros, con requisitos sobre etiquetas y fichas de datos de seguridad.

Este sistema comprende las herramientas apropiadas del etiquetado para transmitir información con símbolos fácilmente comprensibles y basados en los criterios de cada una de las clases y categorías de peligro del SGA. A continuación, en la Tabla 6 se enlistan el modelo de las etiquetas de riesgos correspondientes: (23)

**Tabla 6.** Tipo de riesgo y pictogramas del SGA

 <p>Explosivo Autorreactivo Peróxido orgánico</p>	 <p>Inflamable Autorreactivo Pirofórico Experimenta calentamiento espontáneo Emite gases inflamables Peróxido orgánico</p>	 <p>Comburente</p>
 <p>Gas a presión</p>	 <p>Corrosivo para los metales Corrosivo cutáneo Lesiones oculares graves</p>	 <p>Toxicidad aguda</p>
 <p>Toxicidad aguda Irritación cutánea/ocular Sensibilidad cutánea Toxicidad específica de órganos de Diana Peligros para la capa de ozono</p>	 <p>Carcinógeno Sensibilización respiratoria Toxicidad para la reproducción Toxicidad específica de órganos de Diana Mutagenicidad en células germinales Peligro por aspiración</p>	 <p>Toxicidad acuática aguda Toxicidad acuática crónica</p>

Las etiquetas tienen forma de cuadrado apoyado sobre uno de los vértices, de 10x10 cm. En los casos que los materiales presenten más de un riesgo importante se utilizarán etiquetas para indicar el riesgo primario y secundario, colocadas una a lado de la otra.

El envase además contará con una etiqueta de identificación del residuo y el generador, estará escrita en el idioma local con letra legible y de tamaño apropiado. Todas las etiquetas deben ser resistentes a la intemperie y estar adosadas al envase en un lugar visible, sobre un color contrastante.

#### 5.4 Acondicionamiento

Martínez J. (2005), define el acondicionamiento como un proceso de transformación cuyo objetivo es el de reducir el volumen y disminuir la peligrosidad de los residuos peligrosos. (13)

De acuerdo con la definición anterior, existe una amplia variedad de procesos que han sido desarrollados para tratar los residuos peligrosos a fin de modificar sus propiedades físicas y químicas, así como de disminuir su volumen, inmovilizar sus componentes tóxicos o detoxificarlos antes de su disposición final. (24)

Es importante recalcar en que no existe un método general para el acondicionamiento de un residuo, es decir, cada residuo es diferente y el método a utilizar depende de muchos factores, tales como si el residuo es sólido o líquido, en que concentración se encuentra cada componente, si es un residuo con varias fases, etc., y con base en esos aspectos se diseña un proceso de tratamiento en el cual se combinan los métodos químicos, físicos y/o térmicos para llegar a la disminución de éste o enviarlo a confinamiento. Los métodos de tratamiento se pueden clasificar, de manera general (24):

- Químicos: generalmente tiene asociado procesos físicos, constituye un proceso de transformación del residuo mediante la adición de una serie de compuestos químicos para alcanzar el objetivo deseado. Dentro de los tratamientos químicos más utilizados tenemos:
  - Neutralización: ajuste del pH utilizando ácidos o álcalis
  - Precipitación: Requiere un proceso de separación física posterior generando lodos. Los productos de la precipitación son compuestos insolubles en agua, por lo que presentan menor movilidad una vez que son dispuestos. Como ejemplo se puede mencionar la precipitación de metales pesados con hidróxido de sodio o de calcio.
  - Oxidación: consiste en la reacción del contaminante con un oxidante como oxígeno, peróxido, ozono o hipoclorito. El contaminante se descompone en otras sustancias de menor toxicidad. La oxidación de cianuro mediante el uso de hipoclorito o peróxido de hidrógeno es un ejemplo de este tipo de tratamiento, donde el cianuro se transforma en dióxido de carbono y amonio.
  - Oxidación-reducción: se utilizan para cambiar el estado de oxidación del contaminante, modificando su toxicidad u otra propiedad como la solubilidad. Un ejemplo es la reducción de cromo VI a cromo III con el uso

de metabisulfito de sodio (el cromo VI es altamente tóxico, característica que pierde al reducirse a cromo III).

- Físicos: Un tratamiento meramente físico constituye normalmente la primera etapa dentro de un tratamiento global. Los tratamientos físicos más utilizados son:
  - Filtración
  - Cristalización
  - Destilación
  - Adsorción en resinas
  - Sedimentación
  - Intercambio iónico
- Biológicos: Los tratamientos biológicos consisten en la descomposición de contaminantes por acción de un conjunto de microorganismos. En el caso de los residuos tóxicos estos tratamientos tienen una aplicación limitada, ya que los microorganismos suelen ser muy sensibles a las sustancias tóxicas. Los tratamientos físicos más utilizados son:
  - Aeróbicos
  - Anaeróbicos
  - Enzimáticos

Estos tratamientos pueden cumplir varias funciones en un sistema de gestión de residuos (25):

1. Permitir la recuperación de un compuesto para su posterior utilización como materia prima en otro proceso.
2. Separar los constituyentes peligrosos de la masa total del residuo.
3. Reducir la peligrosidad del residuo mediante la transformación de sus componentes, transformándolos en compuestos menos peligrosos o reduciendo su movilidad en el medio ambiente.
4. Transformar el residuo en un material que cumpla con las condiciones para ingresar a otro sistema de tratamiento o al sistema de disposición final.

## 5.5 Almacenamiento

El almacenamiento de residuos consiste en la contención temporaria en un depósito especialmente acondicionado, a la espera de tratamiento o disposición final. Si bien el depósito puede estar dentro o fuera del lugar donde se generan los residuos y estarán condicionados por el o los tipos de residuos manejados. (19)

La zona de almacenamiento temporal de RP, tendrá un tamaño y características acordes con el volumen de residuos generados en el centro. El tiempo de almacenamiento debe ser lo más breve posible, los tiempos pueden variar entre 1 y 6 meses, pero en aquellos casos en que las zonas de almacenamiento no cuentan con una adecuada infraestructura para el almacenamiento de los residuos peligrosos, se deben tomar

medidas y realizar controles en el almacenamiento para que no constituya una forma de acumulación incontrolada. (19)

Los residuos hasta ser almacenados en el almacén temporal, permanecerán en los laboratorios, preferentemente en el suelo en recipientes apropiados, deben de estar en lugares que no sean de paso para evitar tropiezos o posibles derrames y principalmente deben estar alejados de cualquier fuente de calor. No se acumularán grandes cantidades de residuos en los laboratorios, se irán llevando a la zona de almacenamiento de RP una vez se llenen los envases (26).

Una vez los residuos estén en el almacén temporal, no podrán almacenarse en la misma estantería productos que presenten posibles reacciones peligrosas. La Tabla 7 muestra un ejemplo de las incompatibilidades a considerar en el almacenamiento de residuos. (20)

**Tabla 7.** Incompatibilidades de elevada afinidad

Oxidantes con:	Nitratos, halogenados, óxidos, peróxidos, flúor
Reductores con:	Materiales inflamables, carburos, nitratos, hidruros, sulfuros, alquimetales, aluminio, magnesio y zirconio en polvo
Ácidos fuertes con:	Bases fuertes, ácidos débiles, cianuros, sulfuros
Ácido sulfúrico con:	Azúcar, celulosa, ácido perclórico, permanganato de potasio, cloratos, sulfocianuros

De acuerdo con los parámetros, los almacenes temporales de residuos peligrosos deben de contar con las siguientes características (13):

**Ubicación:** el área se seleccionará en base a un estudio que garantice que los riesgos para la salud y el medio ambiente sean mínimos. Deben tener fácil acceso y contar con servicios de electricidad, agua potables y comunicaciones.

**Diseño apropiado:** el lugar deberá estar diseñado de acuerdo con la naturaleza y volumen de los residuos a ser almacenados, así como con la forma de estiba a ser empleada. Los criterios generales que deben contemplar el diseño son:

1. Minimizar los riesgos de explosión o emisiones no planificadas.
2. Disponer de áreas separadas para residuos incompatibles.
3. Estar protegido de los efectos del clima.
4. Contar con buena ventilación.
5. Ser techados.
6. Tener pisos estancos, impermeables y resistentes química y estructuralmente.
7. No tener conexión a la red de drenaje.
8. Poseer sistema de recolección de líquidos contaminados.
9. Permitir la correcta circulación de operarios y del equipamiento de carga.
10. Contar con salidas de emergencias.
11. Contar con sistemas de control de la contaminación de acuerdo al tipo de residuos manejados.

**Cercado y señalización:** El predio de emplazamiento deberá estar debidamente cercado de forma de impedir el acceso de personas ajenas a las instalaciones. Así mismo deberá estar claramente señalizado con leyendas, indicando que se trata de un depósito de residuos peligrosos y pictogramas con el símbolo de peligro (Calavera con huesos cruzados)

**Seguridad:** El depósito deberá contar con sistema de control de fuego adecuado al tipo de residuos que se maneja. Se dispondrá de botiquines de primeros auxilios, duchas de emergencia y sistema de lavado de ojos. Los operarios contarán con los equipos de protección personal que sean necesarios.

**Planes de contingencia:** se deberá contar con planes y procedimientos de emergencia dirigidos a garantizar la respuesta rápida y apropiada para aquellas situaciones que así lo ameriten. Se prestará especial atención a existencia de procedimientos para derrames, así como la disponibilidad de los elementos necesarios para la contención y reenvasado de los mismos.

**Capacitación:** quienes realicen tareas dentro del almacén tienen que contar con capacitación sobre procedimientos de trabajo, medidas de precaución y seguridad, procedimientos de emergencia y conocer los riesgos a los que están expuestos.

**Manual de operación:** se deberá disponer de un manual con instrucciones para la operación general del depósito y de todo el equipamiento, programas de inspección, así como los procedimientos sobre higiene y seguridad. El manual será actualizado regularmente y estará disponible para todo el personal.

## **5.6 Transporte para disposición final**

Esta etapa tiene como objetivo lograr que el transporte de residuos peligrosos se realice con los mínimos riesgos, tanto para los operadores como para el resto de la población y al medio ambiente. (13). El artículo 85 del reglamento de la LGPGIR establece condiciones específicas para los prestadores de servicios de recolección y transporte de residuos peligrosos químicos. El responsable de la contratación de los servicios de disposición final debe verificar que la empresa seleccionada cuente con autorización vigente de la SEMARNAT y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para el manejo o transporte de los residuos. (21)

El generador, el transportista y el destinatario de los residuos deberán coordinar las acciones para asegurarse que los residuos peligrosos se transporten en tiempo y forma hacia su destino. (13)

Previo al transporte de los residuos el generador es responsable de:

1. Contar con la autorización para el envío de sus residuos a un destino específico.

2. Acondicionar correctamente los residuos en contenedores adecuados, debidamente etiquetados, atendiendo los requerimientos del transportista y del destinatario.
3. Emitir la documentación de la carga con los datos sobre la empresa generadora, información sobre los residuos a ser transportados y el destino de los mismos.
4. Proporcionar al transportista la información sobre procedimientos de emergencia y precauciones a ser tomadas.
5. Indicar al transportista el equipo de seguridad necesario con que debe contar en caso de accidente.
6. Proporcionar al transportista los carteles con las indicaciones de peligro que deberá instalar en las unidades, de acuerdo al tipo de residuos peligrosos.
7. Verificar que la empresa transportista esté debidamente autorizada y que la unidad de transporte cumpla con las especificaciones necesarias para el transporte.
8. Verificar que la operación de carga sea realizada por operarios capacitados, provistos de equipamiento de protección personal.

El transportista debe entregar los residuos en el destino indicado, cumpliendo los requerimientos que le hubiera impuesto la autoridad que lo autorizó a realizar el transporte. Entre las responsabilidades del transportista están:

1. Contar con la autorización para el transporte del tipo específico de residuos de que se trate.
2. Contar con unidades adecuadas a las características de los residuos peligrosos que transportan.
3. Identificar la unidad de transporte con los datos de la empresa (razón social, dirección y teléfono).
4. Colocar señalizaciones de peligro, de acuerdo a las características de los residuos transportados.
5. Transportar sólo los residuos correctamente acondicionados, etiquetados y documentados.
6. Utilizar rutas de bajo riesgo, previamente establecidas.
7. Proteger la carga durante el transporte de minimizar riesgos.
8. Capacitar a los choferes.
9. Someter a los vehículos a inspecciones técnicas periódicas.
10. Gestionar adecuadamente los documentos de la carga, de acuerdo a las exigencias correspondientes.
11. La unidad debe de contar con equipo de comunicación.
12. Garantizar que las maniobras de carga y descarga se realicen por el personal capacitado, con el equipo de protección personal adecuado y de manera de minimizar los riesgos, siguiendo protocolos establecidos.
13. Conocer los planes a seguir en caso de emergencia y contar con los elementos necesarios para su implementación.

14. Mantener estadísticas de accidentes e incidentes tanto de las unidades como del personal e implementar medidas de mejora continua.

Los documentos de identificación de los residuos peligrosos son denominados generalmente “Manifiestos de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos”. (ver Anexo 1). Estos documentos, cuyo uso es obligatorio, cuentan con información sobre la naturaleza y cantidad de los residuos, su origen, la constancia de entrega del generador al transportista y del transportista a destinatario y los procesos a los que serán sometidos los residuos. La documentación consta de varias copias y debe acompañar a los residuos desde que es entregado por el generador hasta que es recibido por el destinatario, registrando todas las entregas realizadas y proporcionando una copia a cada uno de los operadores. (27)

### **5.7 Planes de atención de emergencias**

En cada laboratorio es necesario prever que cualquier incidente que pueda afectar al funcionamiento de la institución, tenga una incidencia nula o mínima sobre las personas, las instalaciones y/o la continuidad de las actividades. (28)

La organización del laboratorio debe permitir la correcta gestión de la Prevención del riesgo, inculcada en los propios procedimientos de trabajo, prácticas y actividades.

Para establecer los protocolos específicos respecto a las situaciones de emergencia particulares que eventualmente se puedan producir, atendiendo a la actividad y riesgos concretos del laboratorio en cuestión (como salpicaduras, derrames, emanaciones o fugas, interrupciones de suministro eléctrico, etcétera); se deben contemplar los siguientes puntos: (28)

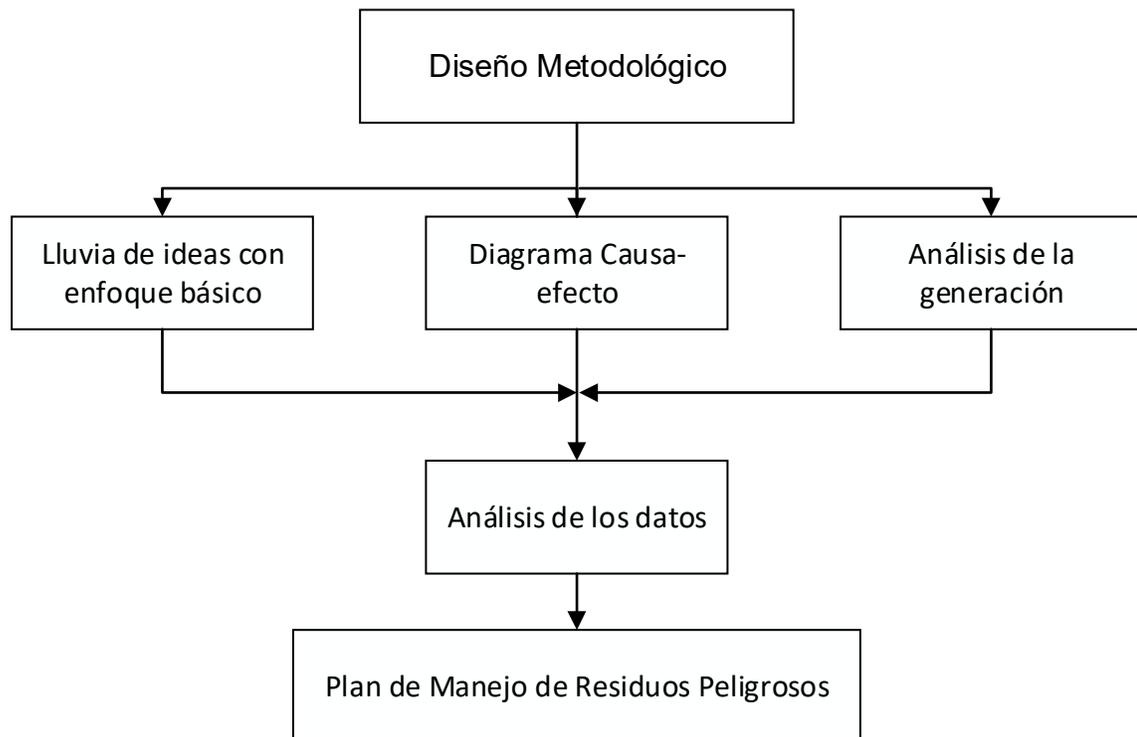
1. Identificación previa de los procesos de experimentación y actividades peligrosas, según los agentes químicos que podrían ser liberados.
2. Indicar el tipo de EPP (Equipo de Protección personal) que proporciona la protección adecuada y debe emplearse para realizar el proceso, tanto en protección respiratoria, como dérmica (manos, facial, ojos, etc.) así como su ubicación.
3. Establecer la cadena de comunicación de la emergencia según responsables y comunicaciones, empleando los recursos internos y/o externos necesarios.
4. Medidas aplicables en caso de exposición accidental, incluyendo el tratamiento de primeros auxilios para las personas expuestas y lesionadas. (Fuente de información principal: Ficha de datos de seguridad de los productos empleados).
5. Descontaminación / aireación de la zona.
6. Actuación en caso de vertido accidental. Precauciones individuales a tomar. Precauciones para la protección del medio ambiente. Métodos y productos de neutralización y limpieza, así como su ubicación. Posibilidad de centralizar dichos elementos comunes (Por ejemplo: Existencia de máscara de protección respiratoria para poder intervenir en caso de fuga de gases ácidos).

## VI. DISEÑO METODOLÓGICO

En esta sección se describirá el procedimiento que se llevó a cabo para el diseño del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos para el Instituto de Investigación. La cual se presenta en la Figura 4.

### 6.1 Diseño

1. Descripción general del Instituto de Investigación
2. Determinación de los puntos críticos mediante la herramienta de calidad lluvia de ideas.
3. Elaboración del Diagrama causa-efecto para analizar los siguientes puntos: Infraestructura, proceso, entorno, materiales y métodos, medidas de seguridad
4. Análisis de los residuos peligrosos generados por clasificación durante el periodo de 2012-2017
5. Análisis de los datos
6. Plan de Manejo de Residuos peligrosos para el Instituto de Investigación de la UNAM



**Figura 4.** Diseño metodológico

## **VII. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **7.1 Descripción general de Instituto de Investigación**

El Instituto de Investigación tiene una superficie de 21 448 m<sup>2</sup> y cuenta con cuatro edificios construidos para sus cinco departamentos: Productos naturales, síntesis orgánica, química orgánica, bioquímica y fisicoquímica, integrados por 42 laboratorios de investigación y 21 laboratorios de servicios analíticos, su comunidad está formada mayoritariamente por expertos en Química, cuya formación en química es la base de sus conocimientos y minoritariamente por académicos en otras disciplinas científicas que coadyuvan a la investigación en química.

Este Instituto de Investigación cumple la obligación de impartir educación superior participando como entidad académica responsable de los Programas de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas y del Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas. También cuenta con tutores del posgrado en Materiales y en su seno se desarrollan tesis de licenciatura, maestría y doctorado, instrumentos que, junto con los proyectos de investigación, repercuten en la formación de personal calificado, agente de cambio de la sociedad mexicana.

### **7.2 Determinación de los puntos críticos mediante la herramienta de calidad lluvia de ideas**

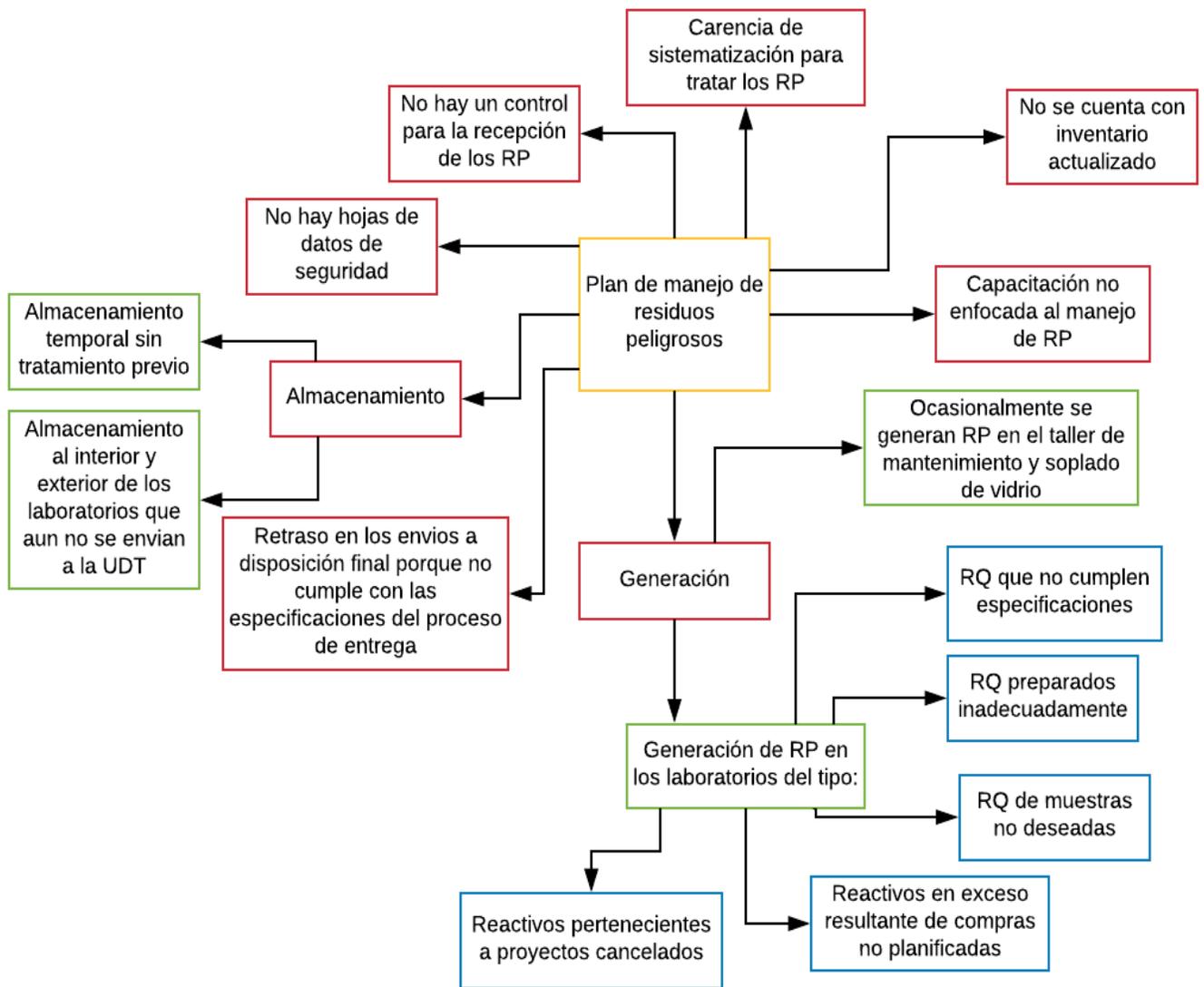
Para determinar los puntos críticos se realizó el diagnóstico situacional que consistió en:

- Recorridos en los laboratorios de investigación del Instituto con inspección visual donde se recolectó información general sobre la generación del tipo, cantidades, tratamiento, condiciones de almacenamiento y control de los residuos peligrosos que producen los laboratorios.
- Revisión de bitácoras de recepción de residuos de la UDT 2016 y 2017.
- Integración del listado general de todas los residuos y un inventario de todas las sustancias caducas y los reactivos en exceso resultantes de compras no planificadas almacenadas en la UDT.
- Revisión de los manifiestos de entrega, recepción y transporte de residuos del Instituto de investigación
- Revisión de los reglamentos de laboratorios, manuales y los sistemas de gestión de los residuos peligrosos implementados en el Instituto de Investigación.

Mediante este diagnóstico situacional, se encontró que:

1. El personal del instituto carece de sistematización del cómo tratar los residuos peligrosos, como consecuencia de que no se cuenta con un procedimiento por laboratorio para ello y no se cuenta con un plan de manejo de Residuos peligrosos
2. No cuentan con inventario actualizado de las sustancias que manejan y almacenan. Se observaron reactivos que han caducado por falta de continuidad en su aplicación o utilización, al cabo de cierto periodo de tiempo ya no pueden ser utilizados, son considerados residuos peligrosos y son almacenados en sus áreas.
3. Se cuenta con muy pocos reactivos químicos que no cumplen con las especificaciones los cuales se adquieren a granel y sin proveedor conocido.
4. Eventualmente son generados Residuos peligrosos de reactivos químicos preparados inadecuadamente y o durante la manipulación en el proceso de aprendizaje
5. En ocasiones se suministra material de muestras comerciales que generan posteriormente residuos peligrosos de Muestras no deseadas
6. En raras ocasiones se generan reactivos en exceso resultante de compras no planificadas que posteriormente genera residuos peligrosos.
7. En ocasiones hay generación de reactivos que pertenecen a proyectos cancelados o de investigadores que ya no trabajan en el laboratorio
8. Cuando se compran los reactivos, no se le exige al proveedor las hojas de datos de seguridad de la sustancia
9. Ocasionalmente se observó el almacenamiento al interior y en otros sitios de Residuos peligrosos en los laboratorios, que no se han enviado a la UDT.
10. No hay un control del proceso de recepción de los residuos peligrosos de los laboratorios y de la UDT.
11. Para el almacenamiento temporal de los residuos peligrosos en la UDT se realiza en la mayoría de los casos sin tratamiento previo por parte del generador lo cual dificulta su almacenamiento.
12. Entrega de residuos peligrosos que no cumplen las especificaciones de tratamiento lo que origina que se tenga que realizar por la UDT.
13. Retrasó en los envíos a disposición final por que el material no cumple las especificaciones del proceso de entregar por los laboratorios lo cual impacta en el almacenamiento temporal en la UDT.
14. No se cuenta con un programa de capacitación específico en el manejo adecuado de los residuos peligrosos dirigido a todo el personal, solo se desarrolla la plática introductoria cada ciclo escolar.
15. Esporádicamente, los laboratorios de servicios analíticos, el taller de mantenimiento y el taller de soplado de vidrio, generan una mínima cantidad de residuos peligrosos anualmente.

Derivado de lo anterior, la información se presenta con la de calidad lluvia de ideas la cual se muestra en la Figura 5, esta actividad se desarrolló con la responsable de la UDT, el asesor externo, el auxiliar de laboratorio y la representante de seguridad e higiene. (29).



**Figura.5** Herramienta de calidad "lluvia de ideas" para la implementación de un Plan de manejo de residuos peligrosos

### 7.3 Elaboración del Diagrama causa-raíz para analizar los siguientes puntos: Infraestructura, proceso, entorno, materiales y métodos, medidas de seguridad

Para realizar el diagrama causa-efecto, se determinaron las problemáticas derivadas del diagnóstico situacional. El resultado del diagrama causa-raíz donde se analizaron las fallas del problema desde los siguientes puntos: infraestructura, proceso, entorno, materiales y métodos, así como las medidas de seguridad, que se muestra en la Figura 6

Para el análisis del diagrama causa-raíz (ACR), se formularon tres preguntas, estas preguntas ayudaron a diferenciar una causa subyacente de una causa-raíz, donde una respuesta negativa en las tres indica la presencia de una **causa-raíz** y una respuesta afirmativa en por lo menos una de las tres preguntas indica que se trata de una **causa-subyacente**; es decir, contribuyó a la ocurrencia del evento, pero no es su razón fundamental. (30) En la Tabla 8 se muestra la evaluación del análisis del diagrama causa-raíz.

**Tabla 8** Análisis del Diagrama Causa-Raíz

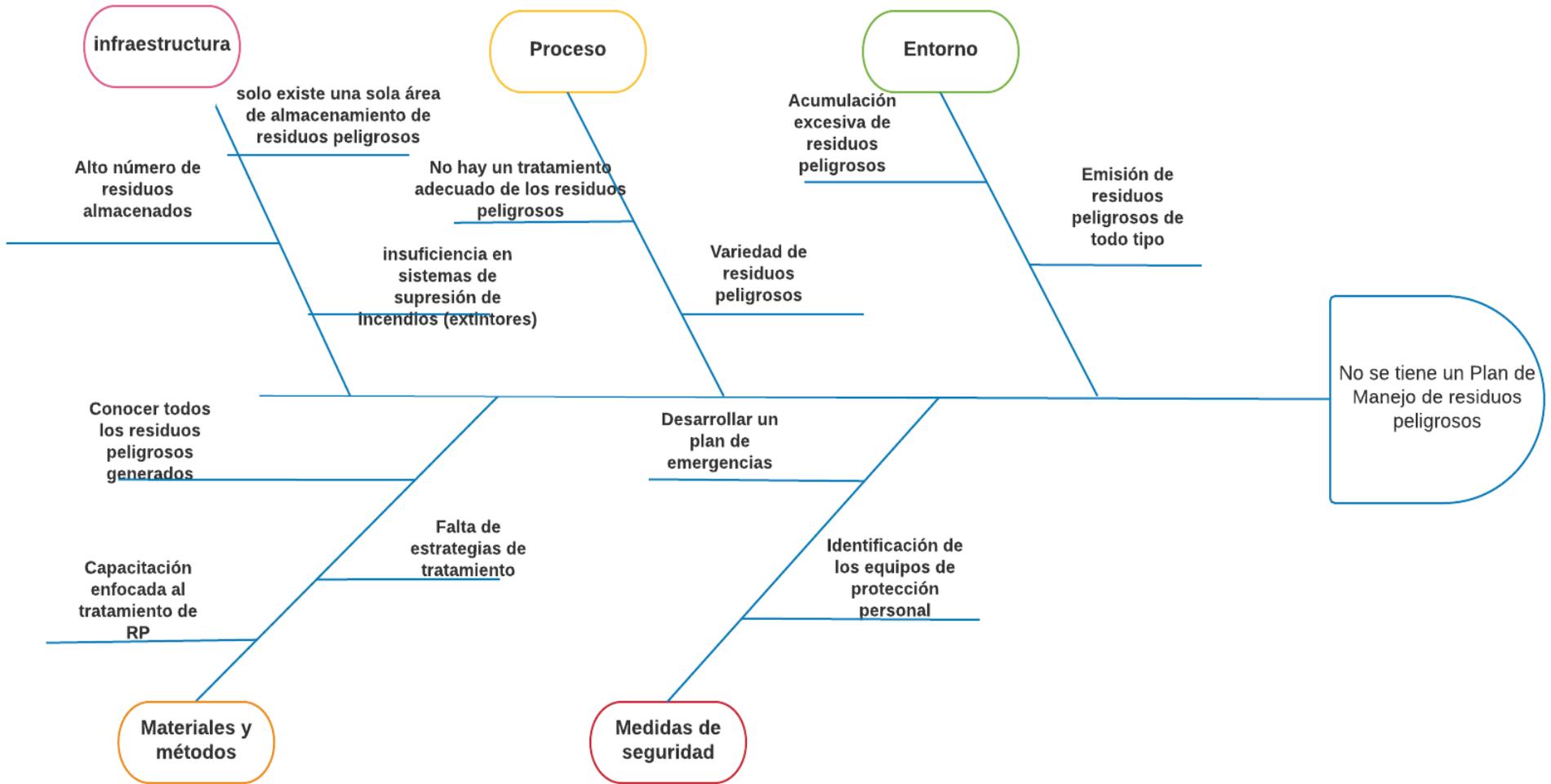
	Causa 1	Causa 2	Causa 3	Causa 4	Causa 5	Causa 6	Causa 7	Causa 8	Causa 9	Causa 10	Causa 11	Causa 12
	Si/No	Si/No	Si/No									
Si la causa no hubiera estado presente, ¿habría ocurrido el evento planteado?	Si	Si	No	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	No
Si la causa es removida o solucionada, ¿se repetirá el evento planteado?	Si	Si	No	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	No
Si la causa es removido o solucionada, ¿reaparecerán las condiciones que favorecieron la ocurrencia del evento?	Si	Si	No	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	No

En la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos del ACR, en cual se obtuvieron las causas que contribuyeron a la elaboración del Plan de Manejo y las causas que necesitan una continua mejora.

Para este caso, las causas que desarrollaron la necesidad de crear el Plan de Manejo fueron: la generación de residuos peligrosos de todo tipo, la acumulación excesiva de residuos peligrosos, no hay un tratamiento adecuado para los residuos peligrosos, falta de estrategias y finalmente no hay existencia de un PMRP.

**Tabla 9.** Resultados del ACR

CAUSA 1 Identificación de los equipos de protección personal	CAUSA 2 Desarrollo de un Plan de emergencias	CAUSA 3 Generación de residuos peligrosos de todo tipo	CAUSA 4 Acumulación excesiva de residuos peligrosos	CAUSA 5 Variabilidad de residuos generados	CAUSA 6 No hay un tratamiento adecuado para los residuos peligrosos
Causa subyacente	Causa subyacente	Causa raíz	Causa raíz	Causa subyacente	Causa raíz
CAUSA 7 Sólo existe una sola área de almacenamiento	CAUSA 8 Alto número de residuos almacenados	CAUSA 9 Insuficiencia en sistemas de supresión de incendios	CAUSA 10 Conocer todos los residuos generados	CAUSA 11 Falta de estrategias	CAUSA 12 Elaboración de un plan de manejo de residuos peligrosos
Causa subyacente	Causa subyacente	Causa subyacente	Causa subyacente	Causa raíz	Causa raíz



**Figura.6** Diagrama causa-efecto para la implementación de un Plan de manejo de residuos peligrosos

## 7.4 Análisis de los residuos peligrosos generados por clasificación durante el periodo de 2012-2017

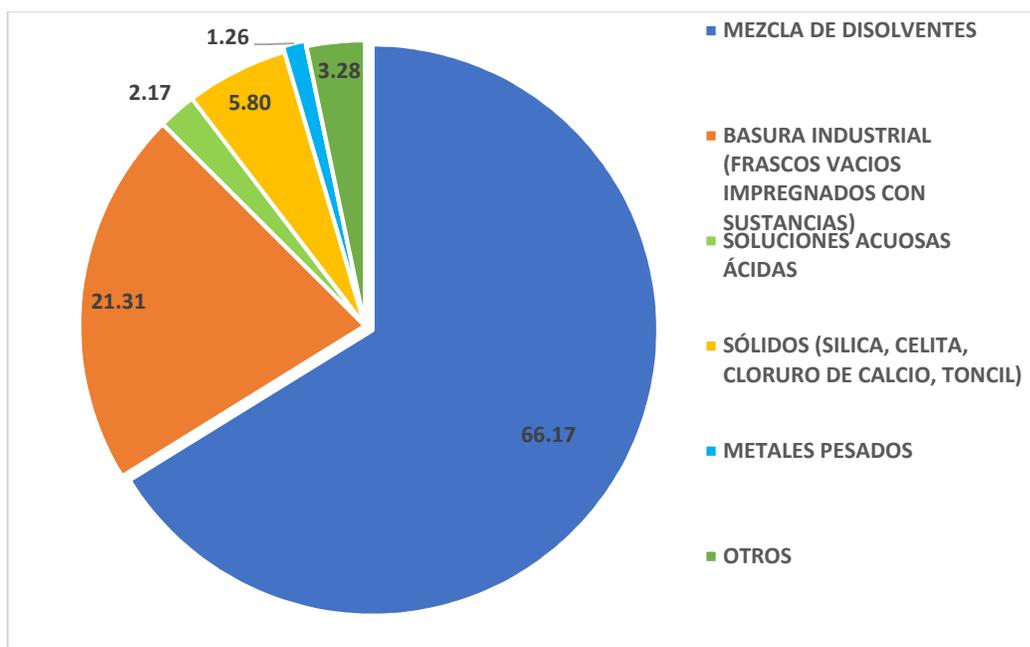
Derivado de su operación cotidiana, el Instituto de investigación de la UNAM, genera una gran variedad de residuos peligrosos, estos son clasificados y enviados disposición con la empresa autorizada por la SEMARNAT, en la Tabla 10, se muestran la clasificación y generación en el periodo de 2012 a 2017, reportados en los manifiestos de entrega, recepción y transporte de residuos del Instituto de investigación:

**Tabla 10.** Clasificación de residuos generados en el año 2012 a 2017

	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
Mezcla de disolventes (Kg)	8800	7600	8000	6000	4160	8200
Disolventes halogenados (Kg)	3200	3840	2880	3200	8200	3000
Basura industrial (frascos vacíos impregnados con sustancias) (Kg)	3600	3000	2800	4000	5200	3000
Soluciones acuosas ácidas(Kg)	200	200	200	400	400	800
Sólidos (silica, celita, cloruro de calcio, toncil) (Kg)	1000	1080	1000	1000	1200	600
Metales pesados(Kg)	300	320	0	160	300	200
Otros	1140	830	320	410	310	320
Suma (Kg)	<b>18240</b>	<b>16870</b>	<b>15200</b>	<b>15170</b>	<b>19770</b>	<b>16120</b>
Suma (t)	<b>18.24</b>	<b>16.87</b>	<b>15.20</b>	<b>15.17</b>	<b>19.77</b>	<b>16.12</b>
Promedio	<b>2605.72</b>	<b>2410</b>	<b>2171.43</b>	<b>2167.14</b>	<b>2824.29</b>	<b>2302.86</b>

La cantidad de residuos generados se observa en la Tabla 10, en el cual se aprecia un aumento del 2% de generación de residuos peligrosos en el año 2016 y una disminución en 2017 debido a las estrategias de diagnóstico Laboratorio y la Estrategias de control de inventarios.

De acuerdo a los manifiestos de entrega, transporte y recepción de residuos peligroso, se han generado aproximadamente 100 toneladas de residuos peligrosos en el periodo de 2012 a 2017, clasificados en los porcentajes que se muestran en la Figura 7, la cual muestra que la mezcla de disolventes es lo que más se genera, seguido de la basura industrial, sólidos sucios, otros, soluciones acuosas ácidas y finalmente los metales pesados. Estos datos servirán para generar la Línea base de generación, dado que el Instituto no reporta la Cédula de Operación Anual y con ello iniciar la formulación del Plan de manejo.



**Figura 7.** Porcentaje de residuos generados en el año 2012 a 2017

En cuanto a residuos biológicos infecciosos los cuales son: residuos no anatómicos, punzo cortantes y cultivos cepas. El Instituto de Investigación generó del año 2012 al 2017, como se muestra en la Tabla 11. El Instituto de investigación generó aproximadamente 0.28 toneladas de residuos biológico-infecciosos en el periodo de 2012 a 2017.

**Tabla 11.** Generación de residuos biológico-infecciosos en el año 2012 a 2017

Año	Cantidad (kg)
2012	205
2013	314
2014	138
2015	253
2016	357
2017	392
Total	1659
Promedio	276.5

En materia de residuos radiactivos, el Instituto de Investigación no tiene un registro de generación desde hace más de 30 años, los únicos residuos que se encuentran en la UDT son: el Hierro 55 ( $^{55}\text{Fe}$ ) con un tiempo de vida media de 2 737 años y

Carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ) con un tiempo de vida media de 5 730 años. Estos isótopos radiactivos son inspeccionados para medir su nivel de radiactividad (Instituto de Investigaciones Nucleares), clasificados como residuos radiactivos de nivel bajo clase A, se encuentran ahí para su decaimiento.

Conforme a lo anterior, esta información coloca al Instituto de Investigación como un gran generador de residuos peligrosos al superar la cantidad establecida al año de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Con el fin de prevenir la contaminación al ambiente y proteger la salud de la comunidad universitaria, es fundamental llevar a cabo un plan de manejo de estos residuos que contemple la prevención en la generación, su valorización, el acondicionamiento y su disposición final de forma ambientalmente responsable, de conformidad con lo establecido por legislación mexicana en la materia de residuos peligrosos.

La propuesta de este plan para la gestión adecuada de los residuos peligrosos generados y las acciones a desarrollar para establecer el Plan de Manejo de residuos peligrosos institucional, que incluya también un procedimiento para el manejo de residuos radiactivos, en el caso de que existiera la posibilidad de generación a un futuro. Se pretende incorporar varias de las acciones ya implementadas a la fecha y acciones de mejora con respecto a los lineamientos y especificaciones que marca el Instituto. Este Plan deberá de ser revisado y autorizado por el consejo interno y posteriormente ser registrado ante la Secretaría de acuerdo al esquema de esta.

## **7.5 Plan de manejo de residuos peligrosos para el Instituto de Investigación de la UNAM**

### **OBJETIVO DEL PLAN DE MANEJO:**

El objetivo principal de este proyecto es construir una metodología general que establezca cada uno de los pasos a seguir para el desarrollo de un Plan de Manejo, que debe estar basado en la normatividad vigente en materia de residuos peligrosos y así poder prevenir riesgos a la salud de la comunidad universitaria y al ambiente.

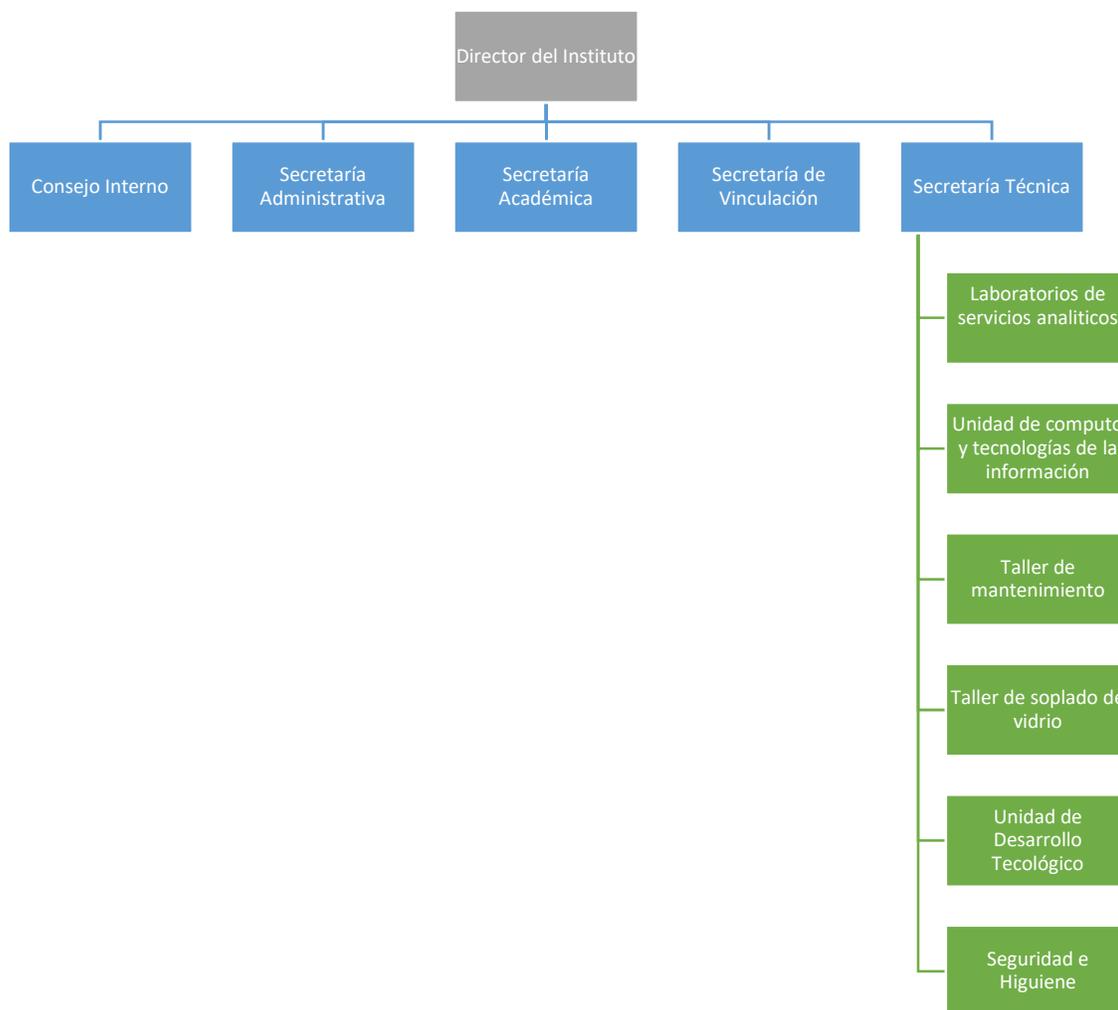
### **ALCANCE DEL PLAN DE MANEJO:**

Los lineamientos se limitan al manejo y disposición de los residuos peligrosos (químicos, industriales, disolventes y biológico infecciosos), los residuos radiactivos, en cualquier estado físico (sólido, líquido o gaseoso), generados por el Instituto de Investigación y que se encuentren contenidos en recipientes. Quedan excluidos los residuos sólidos urbanos, los residuos de manejo especial y las emisiones a la atmósfera.

### **LINEAMIENTOS:**

#### **RESPONSABILIDADES:**

1. El Director, como máxima autoridad del instituto, es responsable de hacer cumplir los lineamientos sugeridos en este plan. (Ver Figura 8).
2. La secretaría Técnica está encargada de supervisar el funcionamiento y la planeación de diversas secciones especializadas del Instituto para que cumpla el plan.
3. El responsable de la Unidad de Desarrollo Tecnológico será designado por el la Secretaría Técnica y tendrá a su cargo la separación, clasificación, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos generados en el Instituto de Investigación hasta su entrega a la empresa autorizada.
4. Los directores de los departamentos o direcciones de las áreas en donde se generen residuos peligrosos nombrarán anualmente a un responsable del manejo y la disposición de los residuos peligrosos de su área.
5. Los directores de los departamentos o direcciones de las áreas donde se generen los residuos peligrosos deberán asegurarse de dar a conocer los reglamentos institucionales a todos los todos los niveles, tanto académicos como administrativos, sus responsabilidades y obligaciones, así como el estricto cumplimiento de los presentes lineamientos.



**Figura 8.** Organigrama del Instituto de Investigación. Fuente: elaboración propia

6. Los encargados de la Unidad de Desarrollo serán responsables de verificar en el Área de transferencia de los residuos peligrosos que se cumpla con las especificaciones de estos lineamientos.

7. Los encargados de la Unidad de Desarrollo proporcionaran y resguardaran el registro de los residuos peligrosos generados por medio de una bitácora. (Anexo 2).

8. Los encargados de la Unidad de Desarrollo Solicitar gestionaran la adquisición y reposición de contenedores que requieren para el almacenamiento y disposición de los residuos del Instituto, así como de la UDT.

9. La UDT será la responsable de dar a conocer los presentes lineamientos a las personas involucradas en la generación de residuos peligrosos para asegurar su correcta separación, etiquetado y almacenamiento. Entregando el Plan a cada área del Instituto, así como pláticas informativas anualmente.

10. El generador de un residuo es responsable de clasificar el residuo que generó de acuerdo con su naturaleza y grado de peligrosidad (CRETIB) de acuerdo con la

normatividad oficial vigente correspondiente, así como preparar los residuos peligrosos para su retiro, de acuerdo a lo establecido en los presentes lineamientos. El generador de los residuos es quien tiene la máxima responsabilidad sobre ellos, no el responsable del área de la UDT

11. En caso de necesitar alguna orientación, el generador consultara al responsable de residuos de su departamento o al personal de la Unidad de Desarrollo Tecnológico.

12. Cuando el residuo generado por la experimentación pueda adecuarse o disponerse en el laboratorio, el generador del mismo debe realizar esta operación y posteriormente enviar a la UDT.

13. Ningún residuo podrá ser desechado si no ha sido neutralizados y/o preparado para su adecuación.

14. El responsable del supervisará periódicamente el cumplimiento de los presentes lineamientos mediante recorridos y visitas de acuerdo al calendario propuesto por la Secretaría técnica

15. El presente Plan de Manejo es de observancia obligatoria en todas las áreas del Instituto, principalmente de Investigación donde se realice trabajo experimental

#### Generalidades Residuos químicos peligrosos

16. Todas las áreas del Instituto de Investigación deben contar con las hojas de seguridad de las sustancias que manejan (Estrategias de control de inventarios), las cuales deberán estar accesibles para consulta (impresas) donde se especifican las consideraciones relativas a la eliminación.

17. Los residuos peligrosos generados en los laboratorios se clasificarán de la siguiente manera de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas:

- a. Disolventes orgánicos incinerables y mezcla de estos
- b. Disolventes halogenados
- c. Soluciones acuosas con pH básico
- d. Sólidos orgánicos
- e. Sólidos inorgánicos o con halógeno
- f. Metales pesados en soluciones acuosas
- g. Especiales
  - i. Sustancias pirofóricas
  - ii. Metales pirofóricos
  - iii. Cianuros
  - iv. Gases
- h. Basura Industrial

18. El generador deberá de envasar los residuos peligrosos de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

Disolventes orgánicos	Porrones de plástico 20 L HDP
incinerables y mezcla	
Disolventes halogenados	Porrones de plástico 20 L HDP
Soluciones acuosas con pH básico	Porrones de plástico 20 L HDP
Sólidos orgánicos	Bolsas de plástico
Sólidos inorgánicos o con halógeno	Bolsas de plástico
Metales pesados en soluciones acuosas	Frascos de vidrio ámbar 2 L, deberán enviarse en forma de sales insolubles o en disolución acuosa
Sustancias pirofóricas	Frascos de vidrio ámbar 500 mL
Metales pirofóricos	Frascos de vidrio ámbar 500 mL
Cianuros	Frascos de vidrio ámbar 500 mL
Gases	Envase original (cilindros a presión)
Basura Industrial	Vidrio: Cajas de plástico o cartón Plástico: Cajas de plástico o cartón o bolsa

19. Todos los residuos peligrosos deben de estar identificados desde origen con la etiqueta correspondiente del instituto, quedando estrictamente prohibido sobre escribir información en la etiqueta. En la Figura 9 se muestra la etiqueta que se deberá utilizar para la identificación de los residuos y la forma en que deberá de ser el llenada la etiqueta.

**RESIDUOS PELIGROSOS**

LA LEY GENERAL PROHIBE SU DISPOSICIÓN EN SITIOS NO AUTORIZADOS

FECHA DE ENTREGA 4 de abril 2018

DEPARTAMENTO: Síntesis orgánica

LABORATORIO: Lab. 2-3

EXTENSIÓN: 46610

INVESTIGADOR: Otto Paul Hermann Diels

ESTUDIANTE(S): Kurt Alder

Nombre del residuo (especifique las sustancias que contiene. No use abreviaturas, ni formulas químicas o claves)

**Mezcla de aldrín y dieldrín**

	CORROSIVO	<b>C</b>
	REACTIVO	<b>R</b>
	EXPLOSIVO	<b>E</b>
<b>X</b>	<b>TOXICO</b>	<b>T</b>
	INFLAMABLE	<b>I</b>
	BIOLÓGICO INFECCIOSO	<b>B</b>

**Figura 9.** Etiqueta utilizada en el Instituto de Investigación. <http://www.iquimica.unam.mx/component/content/article/14-sample-data-articles/285-formatos-alias>

20. En la etiqueta se debe llenar todos los datos que ahí se solicitan, escribiendo de forma clara y precisa el NOMBRE COMPLETO del residuo, sin abreviaturas, ni formulas químicas o claves.

21. Es importante saber que la entrega se realizará en el almacén temporal o área de transferencia de cualquier sustancia contenida en un recipiente no apropiado, sin tapa o que no esté etiquetado con el nombre de la sustancia, NO SERÁN ACEPTADAS, así como en fechas y horarios no establecidos.

22. Todos los residuos llevados al almacén temporal o área de transferencia y que sean aceptados se registrarán por el generador en la bitácora de residuos peligroso de la UDT para llevar una relación de todos los residuos generados por área y laboratorio (ver Anexo 2).

23. Queda estrictamente prohibido mezclar residuos incompatibles químicamente.

- a) Oxidantes con: Nitratos, halogenados, óxidos, peróxidos, flúor
- b) Reductores con: Materiales inflamables, carburos, nitratos, hidruros, sulfuros, alquimetales, aluminio, magnesio y zirconio en polvo
- c) Ácidos fuertes con: Bases fuertes, ácidos débiles, cianuros, sulfuros
- d) Ácido sulfúrico con: Azúcar, celulosa, ácido perclórico, permanganato de potasio, cloratos, sulfocianuros

24. Los residuos peligrosos que se encuentren en estado sólido deberán almacenarse y disponerse de manera separada de los que se encuentren en estado líquido.

25. No se aceptarán envases de vidrio vacíos que aún estén sellados con la corcholata, para ser desechados serán lavados conforme al instructivo de lavado (Anexo 3)

26. En caso de tratarse de productos desconocidos de alguna reacción, se deberán especificar ésta.

27. Los residuos que no se acepten por necesitar un tratamiento especial deberán ser adecuados por el generador y serán enviados a la UDT en un periodo no mayor a tres meses.

28. Los recipientes vacíos de reactivos analíticos se consideran residuos peligrosos por lo que no podrán reutilizarse y se deberán almacenar temporalmente en tambos para ser dispuesto como basura industrial.

29. El horario asignado para la recepción de residuos peligrosos son los días MARTES, MIÉRCOLES Y VIERNES de 10 am. a 1 pm.

#### Almacenamiento temporal en áreas del Instituto

30. El almacenamiento de los residuos peligrosos en los laboratorios se realizará de manera temporal, de acuerdo a la cantidad generada de estos.

31. Los residuos peligrosos deberán almacenarse en lugares secos, protegidos de la luz solar, seguros, específicamente destinados para ello y debidamente etiquetados.

#### Almacenamiento de la UDT

32. El Instituto deberá designar un espacio para el almacenamiento temporal. Éste deberá encontrarse lejos de fuentes de ignición y daños físicos.

33. La clasificación de los residuos en el almacén temporal se basará en la compatibilidad química. De acuerdo a lo mencionado en el punto 23.

34. El almacén temporal deberá de contar con medidas de contención de goteos y derrames potenciales. (Polvo químico para derrames ubicado en el Interior de la UDT.)

35. El área designada deberá estar adecuadamente señalizada mediante letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos, en lugares y formas visibles de acuerdo a la normativa.

#### Recolección, transporte y disposición final

36. El responsable de la UDT, solicitará su retiro vía telefónica y será la responsable del llenado del “formato de solicitud de recolección de residuos peligrosos” en el cual deberá declarar el número y tipo de envases, el volumen y los tipos de residuos que requiere retirar.

37. La recolección se llevará a cabo periódicamente de acuerdo a la cantidad de residuos acumulados, pero no deberá de exceder a seis meses, ni a la capacidad de almacenaje instalada.

38. El responsable de la UDT deberá firmar y revisar la copia del “Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos” que proporciona la empresa autorizada, estos documentos en original se conservarán por un periodo de cinco años.

39. La recolección, el transporte y la disposición final la realizará una Empresas autorizadas por la SEMARNAT, para el caso del instituto de Investigación será de acuerdo al Rubro 8 Directorio de empresas prestadoras de servicios para la recolección transporte de residuos peligrosos biológico infecciosos e industriales

40. El responsable de la UDT, será el encargado verificar que los prestadores de servicio que contrátate, cuenten con las autorizaciones para manejar adecuadamente sus residuos peligrosos y que se encuentren vigentes.

#### Plan de Emergencia para los residuos peligrosos

41. Todo accidente o incidente ocurrido dentro de las instalaciones del Instituto deberá ser comunicado de forma inmediata al Responsable de la Seguridad del Instituto, así como al investigador responsable o a cualquiera de los miembros de la Comisión Local de Seguridad, quienes actuarán de acuerdo con la gravedad del caso. (marcar la extensión 46601 y 33309 UDT)

42. Si no se encontrara ningún miembro de la Comisión Local de Seguridad en el momento del accidente, y si el caso lo amerita, cualquier persona podrá solicitar la intervención del Sistema de Atención de Emergencias de la UNAM. De acuerdo al Reglamento de seguridad e Higiene del Instituto.

43. Los responsables de la seguridad del Instituto y del área donde ocurra el accidente estarán encargados del espacio hasta que pase la contingencia y evalúen las consecuencias del siniestro.

44. El Responsable de la Seguridad e Higiene del Instituto deberá dar capacitación a la comunidad del instituto anualmente en los siguientes temas: (28)

- Reglamento de funcionamiento del laboratorio.
- Riesgos para la seguridad y la salud de los productos químicos existentes.
- Riesgo biológico de los agentes biológico empleados
- Ubicación de las salidas de emergencia generales y particulares.
- Localización y señalización de lavaojos y/o duchas de seguridad, extintores (su funcionamiento y utilización) e interruptores de suministro eléctrico.
- Localización de los botiquines.
- Riesgos para el medio ambiente de los productos químicos existentes.

45. En el caso que se produzca una salpicadura de producto químico a los ojos, se actuará de la siguiente forma (28):

- a. Siempre se seguirán las recomendaciones de la Fichas de Datos Seguridad (FDS) del producto para el contacto con los ojos.
- b. Si se trata de un producto químico irritante o corrosivo es necesario enjuagar el ojo con abundante agua o solución salina al menos 15 minutos.
- c. Si se deben de usan lentes de contacto.

46. En el caso que se produzca una salpicadura de producto químico en la piel se actuará de la siguiente forma:

- a. Siempre se seguirán las recomendaciones de la FDS para cada producto para el contacto con la piel (en algunos casos pueden no ser recomendado el uso de agua para el lavado).
- b. Se procederá al lavado en la zona afectada con abundante agua.
- c. En el caso que el producto ocasione quemaduras, no se debe quitar la ropa.

47. En el caso en que se produzca una exposición por inhalación de producto químico, se actuará de la siguiente forma:

- a. Siempre se seguirán las recomendaciones de la FDS descritas para el producto en el caso de inhalación.
- b. Se suministrará lo antes posible aire limpio y se mantendrá a la persona accidentada en reposo.
- c. Si la sustancia es irritante o corrosiva, pudiendo provocar problemas respiratorios graves, se colocará a la persona afectada semiincorporada.

48. En el caso en que se produzca una exposición por ingestión de producto químico, se actuará de la siguiente forma:

- a. Si la persona está consciente:
  - i. Siempre se seguirán las recomendaciones de la FDS en relación al producto ingerido.
  - ii. Provocar el vómito en el caso de productos tóxicos por ingestión.
  - iii. No provocar el vómito en el caso de sustancias corrosivas o volátiles.
  - iv. Enjuagar la boca y garganta con abundante agua.
- b. Si la persona no está consciente:
  - i. Ponerse inmediatamente en contacto con el servicio de Urgencias de la UNAM (562-20202 o desde cualquier extensión telefónica de la UNAM sólo marcar 55) o Emergencias (911)

49. En el caso de que se produzca un derrame accidental, se actuará de la siguiente forma:

- a. Atender a las personas afectadas.
- b. Evaluar el alcance del derrame e identificar, si es posible, el producto vertido y consultar su Ficha de Datos de Seguridad, FDS. En el caso de que sea necesario avisar al personal de las zonas adyacentes.
- c. Controlar el derrame con el equipo de polvo químico que se encuentra en cada laboratorio y limitar el número de personas en la zona afectada hasta que se restablezca la situación de normalidad. Esta actuación debe realizarse de manera rápida, eficiente y apropiada para la neutralización, absorción y eliminación de la sustancia derramada.
- d. Todo procedimiento a realizar debe ser complementada con la información reflejada en la FDS del producto.
- e. Las labores de limpieza se realizarán por el personal de Seguridad, con los equipos de protección adecuados teniendo en cuenta el tipo de sustancia derramada. Se tratará de eliminar todos los posibles focos de ignición, especialmente si la sustancia derramada es inflamable, para ello se apagarán todos los equipos e instrumentos que se encuentren en el área afectada.

- f. Se procurará ventilar la zona afectada. Para conseguir una actuación rápida, el material absorbente que se utilizará en caso de derrame estará ubicado en un lugar de fácil acceso y cercano a la zona o estancia donde se pueda producir un derrame.

50. En el caso de que la sustancia derramada sea sólida, se procederá a recogerlo con un cepillo y depositarlo en un contenedor de seguridad adecuado para su eliminación y tratamiento como residuo.

- a. De forma general, se consultará la Ficha de Datos de Seguridad y no disponiendo de un método específico, se recomienda su absorción con polvo para derrame posteriormente se aplica el procedimiento de eliminación recomendado.
- b. Finalmente, se limpia la zona afectada con abundante agua y jabón.

51. En el caso de que la sustancia derramada sea un líquido se procederá de la siguiente manera:

- a. De forma general, se consultará la Ficha de Datos de Seguridad y no disponiendo de un método específico, se recomienda su absorción con polvo para derrame posteriormente se aplica el procedimiento de eliminación recomendado.
- b. Finalmente, se limpia la zona afectada con abundante agua y jabón.
- c. Los derrames de líquidos inflamables deben absorberse con carbón activado u otros absorbentes específicos (vermiculita). La cual se encuentra en la UDT, deberá ser solicitada por vía telefónica.
- d. Los derrames con ácidos deben absorberse rápidamente pues el contacto con los vapores que generan puede causar daños a las personas y equipos expuestos. Para su neutralización se puede utilizar bicarbonato de sodio. Ubicado en sus áreas de trabajo.
- e. Una vez terminada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y jabón.
- f. Los derrames con bases deben absorberse con el polvo para derrame. Una vez realizada la neutralización se deberá lavar la zona afectada con abundante agua y jabón.

52. El responsable del suministro, revisión y preparación del Polvo químicos para derrames es el personal de Seguridad. (contiene arena, fosfato dibásico de sodio y bicarbonato de sodio).

#### Residuos biológico-infeccioso

53. Para la Identificación, envasado y almacenamiento temporal de los residuos peligrosos biológico-infeccioso (RPBI), los generadores del instituto, deben cumplir con las disposiciones correspondientes a las siguientes fases de manejo según sea el caso: (31).

54. Las áreas de generación de los RPBI, deberán identificar y separar los residuos de acuerdo con sus características físicas y biológico infecciosas

55. Los residuos biológico-infecciosos deberán almacenarse en bolsas especiales o contenedores de plástico con tapa, rotulados con el símbolo universal de riesgo biológico, y la leyenda “RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS” de acuerdo a la Tabla 12:

**Tabla 12.** Tipo de almacenamiento de residuos biológico-infecciosos

<b>TIPO DE RESIDUO</b>	<b>ESTADO FISICO</b>	<b>ENVASADO</b>	<b>COLOR</b>
Sangre	Líquido	Recipientes herméticos	Rojo
Cultivos y cepas de agentes infecciosos	Sólido	Bolsas de polietileno	Rojo
Objetos punzocortantes	Sólido	Recipientes rígidos polipropileno	Rojo

56. Las bolsas y los botes serán solicitados a la UDT, vía telefónica.

57. Los RPBI no deberán mezclarse con ningún otro tipo de residuos peligrosos o municipales.

58. Los residuos biológico-infecciosos patológicos, humanos o de animales deberán mantenerse en el laboratorio que los generó hasta su retiro. Los residuos patológicos, humanos o de animales (que no estén en formol) deberán conservarse a una temperatura no mayor de 4°C (cuatro grados Celsius), en almacenes temporales con sistemas de refrigeración o en refrigeradores en áreas que designe el responsable dentro de la misma área.

59. Sólo se podrán recolectarse los residuos que cumplan con el envasado, embalado y etiquetado o rotulado como se establece la Figura 9.

60. La recolección deberá realizarse con una periodicidad máxima de 20 días.

61. Durante su transporte, los RPBI sin tratamiento no deberán mezclarse con ningún otro tipo de residuos peligrosos o municipales.

#### Plan de Emergencia para los RPBI

62. En el caso de derrame accidental de material líquido con agentes biológicos, se deberá optar las siguientes medidas: (28) El material se encuentra dentro de cada laboratorio.

- a. Ponerse dos pares de guantes.
- b. Cubrir el derrame con tela o papel absorbente.
- c. Verter un desinfectante y parar el trabajo, al menos, durante 30 minutos.
- d. Retirar la tela o papel y el material dañado con un recogedor y eliminarlos en el contenedor de residuos biológicos.

- e. Recoger las piezas de vidrio, si hubiese, con pinzas.
- f. Limpiar y desinfectar las superficies contaminadas por el personal de Seguridad.
- g. Desinfectar el material con desinfectante (hipoclorito de sodio al 10% o alcohol al 70%) durante al menos 24 horas.

63. En caso de inyección, corte o heridas accidentales, se deberá adoptar las siguientes medidas:

- a. Quitarse guantes y ropa protectora.
- b. Lavarse las manos y parte la parte afectada con abundante agua.
- c. Desinfección y cura tópica de la herida con una solución yodada o alcohol al 70%.
- d. Acudir al médico indicando la causa de la herida y el agente involucrado.

64. En caso de ingestión de material potencialmente infeccioso, se deberán adoptar las siguientes medidas:

- a. Quitarse guantes y ropa protectora.
- b. Acudir al médico indicando la naturaleza del material biológico involucrado.

### Residuos radiactivos

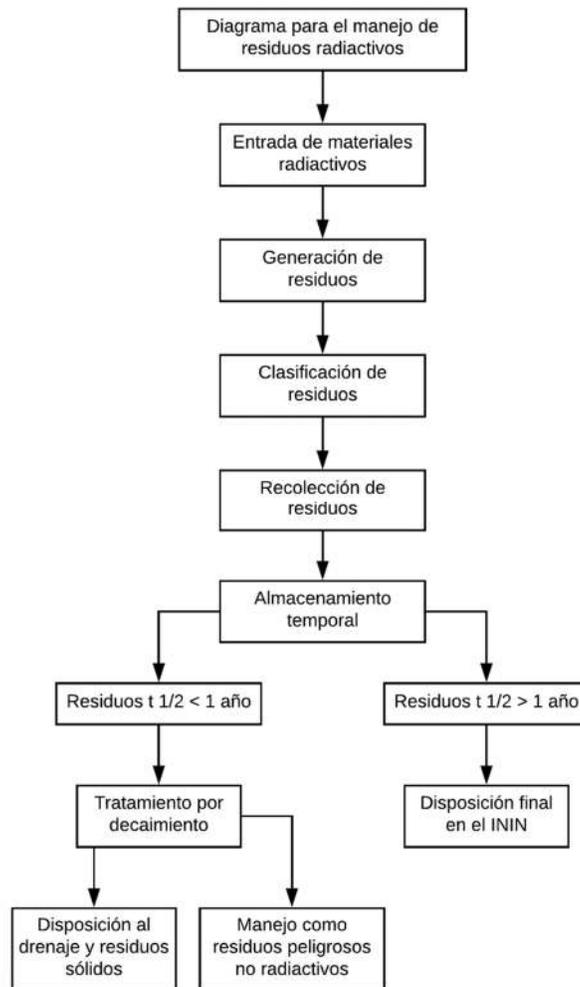
65. El POE (Personal Ocupacionalmente Expuesto) deberá haber aprobado un curso inicial de seguridad radiológico autorizado por la CNSNS aplicable al protocolo de investigación a desarrollar. (32)

66. El POE debe conocer perfectamente los procedimientos de trabajo y antes de manipular el material radiactivo debe realizar simulacros idénticos al procedimiento con el fin de adquirir destreza en estas operaciones.

66. El POE debe conocer las propiedades del isótopo que utilizará.

67. El POE tiene la obligación de llevar una bitácora, foliada, donde se refleje de forma clara y concreta toda la información referente a la operación, fecha y hora de cada puesta en marcha, incidencias de cualquier tipo, comprobaciones, niveles de radiación, operaciones de mantenimiento, modificaciones, almacenamiento de residuos radiactivos, descarga de los mismos al exterior, etc.

68. La Figura 10 muestra el Diagrama para el manejo de residuos radiactivos: (33)



**Figura 10.** Diagrama para el manejo de residuos radiactivos

69. Los materiales y los residuos radiactivos tienen las mismas propiedades ionizantes y deben manejarse con las mismas indicaciones. (33)

70. Lo más importante es conocer el radionúclido del que procedieron y la actividad que puedan tener al momento de su manipulación, por lo que es crucial no perder esta información de los usuarios originales que lo hayan manejado previamente.

71. La mejor forma de manejar residuos radiactivos es colocar cada residuo en forma separada.

72. Todas las exposiciones a las radiaciones ionizantes deben mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible.

73. Revisar las características de los radioisótopos desechados y elaborar material de consulta rápida que pueda ser consultado por todo el personal de la dependencia, incluyendo las recomendaciones del encargado de seguridad de la

entidad y proporcionando toda la información que entreguen los proveedores del material.

74. Conformar una bitácora del material radiactivo, su actividad (incluyendo todos los recipientes), transferencias y su disposición.

75. Queda prohibido mezclar los residuos de radioisótopos generados con algún otro residuo biológico, químico o residuo sólido convencional.

76. Se contará con un almacén donde se acondicionen los residuos antes de su transporte a la empresa autorizada. Este sitio permitirá controlar los residuos generados, registrar las cantidades y actividades resultantes del uso de las fuentes radiactivas.

77. En el almacén de fuentes abiertas deben asignarse dos secciones principales, una sección para residuos de  $T_{1/2} > 1$  año y otra con los residuos de  $T_{1/2} < 1$  año. El almacén debe contar con equipo de protección para resguardar la integridad del personal que ingrese y las barreras de contención de radiaciones de acuerdo con los radioisótopos manipulados.

78. Los desechos radiactivos se caracterizan, acondicionan, compactan y colocan en bidones de acero 200 litros. (5):

79. Cada bidón se rotula con la siguiente información: identificación del bidón, tipo de desecho, radio isotopo, actividad, nivel de radiación, fecha de envase, peso y lugar de generación. Se deberá de mantener registros de manera física y digital.

80. Los bidones se transportan al CADER, en condiciones de seguridad física y radiológica adecuadas y en vehículos debidamente autorizados por la Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS).

81. En caso de no encontrar al permisionario o al encargado de seguridad radiológica, la (s) persona (s) involucrada (s) en el incidente y/o accidente notificará (n) de inmediato a la CNSNS.

#### Medidas de seguridad general en el Instituto

82. Durante todo el proceso de manipulación de residuos, deberán utilizarse los equipos de protección individual.

83. Usar bata, guantes y lentes de seguridad siempre que se trabaje en un laboratorio.

84. Usar las campanas de extracción de gases siempre que se trabaje con productos que desprendan vapores inflamables, tóxicos o de olor desagradable.

85. Usar zapatos cerrados evitando que sean de tela. Nunca zapatos abiertos.

86. Usar el equipo de seguridad proporcionado, revisándolo antes de que sea usado para asegurarse que se encuentre en buenas condiciones.

87. Los equipos de protección respiratoria sólo deben ser utilizado por personal capacitado.
88. No comer con la ropa de protección utilizada en el laboratorio.
89. No comer, beber ni almacenar alimentos en las áreas de trabajo ni en los refrigeradores que contengan sustancias peligrosas.
90. No utilizar el material de laboratorio para contener alimentos.
91. No usar lentes de contacto.
92. Recoger el cabello largo y evitar portar anillos, pulseras, collares o ropa suelta cuando se trabaje con mecheros o equipos en movimiento.
93. Mantener limpia y ordenada el área de trabajo.
94. Mantener despejadas las salidas de las áreas de trabajo y las instalaciones de emergencia como extintores, regaderas y lava ojos.
95. Mantener sujetos a superficies seguras los cilindros que contengan gases.
96. No tirar residuos de productos peligrosos al drenaje. Para algunos de ellos será necesario una adecuación previa, otros deben incinerarse y otros más, deberán ir a confinamiento.

## 7.6 Mecanismo de evaluación y mejora de la implementación del Plan de Manejo

Para realizar los mecanismos de evaluación y mejora del Plan de Manejo de residuos peligrosos, se propone una serie de indicadores. Con los cuales posteriormente con el apoyo de las herramientas para la elaboración de presupuestos y análisis de precios se puede analizar las ventajas y desventajas de la implementación de este Plan. (Ver Tabla 13). Un indicador que es importante desarrollar es el de Capacitación se proponen: Indicador de Capacitación e indicador de Eventos. (Ver Tabla 14). Para el cumplimiento de los indicadores se formulará un programa de cumplimiento, el responsable de estos será el encargado de la UDT el cual informará posteriormente al Secretario Técnico anualmente.

**Tabla 13.** Indicadores del Plan de Manejo de los Residuos Peligrosos del Instituto de Investigación

	Seguimiento (Indicadores)	Control (metas)
Eficacia	(Núm. Actividades ejecutadas / núm. Actividades propuestas) x100	Lograr el plan de actividades propuestas
Eficiencia	(Costo de las actividades de tratamiento de residuos /Costo de los envíos a disposición final) x100	No superar el costo del presupuesto anual establecido
Efectividad	(Total de residuos generados / Total de residuos generados anterior) x 100	Reducir el volumen de residuos generados

**Tabla 14.** Indicador de Capacitación e indicador de Eventos

INDICADOR DE CAPACITACIÓN		2018	%	2019	%
No. de Personal y alumnos Capacitados en el año X 100					
Total de Personal y alumnos programados a capacitar durante el año					
INDICADOR EVENTOS		2018	%	2019	%
No. de eventos realizados durante el año X 100					
Total de eventos programados durante el año					

Con la finalidad de generar mecanismos de adhesión que serían elementos de control de gestión de los Residuos peligrosos, se recomienda el diseño de: Formatos de Monitoreo y Control del PMRP, en los que deberán registrarse los datos de la empresa especializada de la disposición de los residuos y el responsable, así como la cantidad de residuos generados, su manejo, traslado y los que se aprovecharán y enviarán a disposición final, todo esto en cumplimiento con los indicadores de Generación y disposición. En la Tabla 15 se presenta la propuesta del Formato de Monitoreo y control del PMRP.

**Tabla 15.** Formato de Monitoreo y control del PMRP

Programación de Visitas de seguimiento				Fecha de la visita	Formato
Laboratorio	Responsable de la vista	Programación: (Día y Hora)	Componente del programa a inspeccionar	Entrevistas a realizar	Documentos a revisar
Observaciones Generales					

## CONCLUSIONES

Las universidades generan residuos peligrosos en distintas áreas, incluyendo los laboratorios de enseñanza y de investigación, que deberán ser sujetos a planes de manejo, de conformidad con las disposiciones legales en la materia y de manera que respondan a sus propias necesidades y a las características de éstos.

Es importante mencionar que la Unida de Desarrollo Tecnológico del Instituto de Investigación, ha realizado una loable labor dentro del Instituto, pues ha logrado avances significativos en cuanto al manejo de los residuos, pues ha implementado un sistema de recolección y manejo de residuos, ha establecido un horario para la recepción de los residuos, la clasificación y etiquetado de los mismos, la implementación del uso de las Fichas de Datos de Seguridad y los trámites para el registro y manejo administrativo ante las diferentes autoridades encargadas para el manejo de los residuos peligrosos y biológico infecciosos; pese a que no cuenta con la infraestructura adecuada, ni el personal suficiente y/o capacitado para garantizar el manejo adecuado de los mismos.

Los objetivos planteados se integraron en el Plan de Manejo de los Residuos peligrosos, se espera que, al autorizar este Plan de manejo por la Dirección del Instituto de investigación, y difundiendo el trabajo, se tendrá la oportunidad de establecer una institución líder en el ámbito ambiental y de la misma manera hacer conciencia en la comunidad del instituto sobre la importancia de manejar integralmente los residuos, para aprovecharlos antes de llegar a su disposición final.

Los beneficios que se van a obtener con el Plan de manejo pueden ser varios en diferentes ámbitos como:

- Responsabilidad: se crea una responsabilidad por la seguridad y salud en la comunidad y encargados del manejo de los residuos. Responsabilidad por los problemas ambientales que se generan por la producción de residuos peligrosos
- Económicos: Ahorros por aprovechamiento de sustancias químicas que se quedan en exceso. Reducción de costos por disposición y tratamiento de los residuos generados.
- Cumplir con la Normativa y legislación en materia ambiental, para desarrollar las propuestas de métodos y procedimientos ambientalmente adecuados, económicamente viables, tecnológicamente factibles y socialmente apropiados para su manejo integral.
- Imagen pública: Se crearía una imagen ante la comunidad universitaria y una imagen por el respeto al ambiente.
- Bases para la implementación de criterios de calidad y Gestión Ambiental, para que en un futuro se implemente la Norma de Gestión de Calidad ISO-14001

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cortinas de Nava, C. La Ideas sobre planes de manejo de residuos peligrosos de laboratorios universitarios: responsabilidad social de las universidades en Revista de la Universidad Cristóbal Colón Número 20, edición digital a texto completo en [www.eumed.net/rev/rucc/20/ccn.htm](http://www.eumed.net/rev/rucc/20/ccn.htm)
2. Ortega C. Diagnóstico de peligros por almacenamiento de materiales peligrosos en la zona oriental de la ciudad de San Luis Potosí [Maestría en Ciencias]. Universidad Autónoma de Nuevo León; 2009.
3. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Diario Oficial de la Federación, enero 28, 1988 (Última reforma publicada: Enero 16, 2014). Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/l280188.html>
4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Diario Oficial de la Federación, octubre 8, 2003 (Última reforma publicada: marzo 19, 2014) Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_190118.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf)
5. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación, Noviembre 30, 2006 (Última reforma publicada: Octubre 31, 2014) Disponible en: [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1162/1/reglamento\\_de\\_la\\_ley\\_general\\_para\\_la\\_prevenccion\\_y\\_gestion\\_integral\\_de\\_los\\_residuos.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1162/1/reglamento_de_la_ley_general_para_la_prevenccion_y_gestion_integral_de_los_residuos.pdf)
6. NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, (2005) Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4912592&fecha=23/06/2006](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4912592&fecha=23/06/2006) [Acceso octubre 2017]
7. Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas. Disponible en: <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>. [Acceso octubre 2017]
8. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Centro de Almacenamiento de Desechos Radiactivos. [Internet] gob.mx 2016 [revisado 10 junio 2018]. Disponible en: <https://www.gob.mx/inin/acciones-y-programas/centro-de-almacenamiento-de-desechos-radiactivos-cader>. [Acceso mayo 2018]
9. Normas Oficiales Mexicanas en Materia Nuclear. Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias. Disponible en: <https://www.gob.mx/cnsns/documentos/normas-oficiales-mexicanas-en-materia-nuclear-56078>. [Acceso mayo 2018]

10. González A, Pedraza I. Planes de Manejo de Residuos Peligrosos [Licenciatura]. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM; 2008.
11. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Consulta temática. Residuos Peligrosos. Disponible en: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_RESIDUO\\_P01\\_20&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RESIDUO_P01_20&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)
12. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección general de Gestión Integral de materiales y actividades riesgosas. 2018. Disponible en: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_RESIDUO\\_P01\\_01&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce&NOMBREENTIDAD=\\*](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RESIDUO_P01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*)
13. Martínez J. Guía para la gestión integral de Residuos Peligrosos. 1a ed. Montevideo, Uruguay: Centro Coordinador de Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe.; 2005.
14. Loayza J. Gestión de Residuos en los laboratorios de Química. Revista de Química [Internet]. 2005 [revisado 20 febrero 2018];19(2). Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/18734/18971>
15. Buenrostro O. Propuesta de un plan de manejo para los residuos generados en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Revista Ciencia Nicolaita [Internet]. 2011 [revisado 15 febrero 2018]; vol.54(1). Disponible en: <https://www.cic.cn.umich.mx/index.php/cn/article/view/34/16>
16. Vera P, Nájera H, García C, Solís M. Manejo de residuos sólidos no peligrosos en una institución de educación superior. Revista Espacio I+D, Innovación más Desarrollo [Internet]. 2016 [revisado 10 enero 2018];12. Disponible en: [http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num12/Manejo\\_de\\_residuos\\_solidos\\_no\\_peligrosos.php](http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num12/Manejo_de_residuos_solidos_no_peligrosos.php)
17. Bomant E. Disposición final de los residuos en un laboratorio químico. Revista Sociedad Cubana de Bioingeniería [Internet]. 2005 [Revisado 6 marzo 2018]; T040. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228792387\\_DISPOSICION\\_FINAL\\_DE\\_LOS\\_RESIDUOS\\_EN\\_UN\\_LABORATORIO\\_QUIMICO](https://www.researchgate.net/publication/228792387_DISPOSICION_FINAL_DE_LOS_RESIDUOS_EN_UN_LABORATORIO_QUIMICO)
18. Bravo T. Los planes ambientales institucionales en la educación superior en México. 1ª ed. México: SEMARNAT; 2012
19. Loayza J. Gestión Integral de Residuos Químicos en los laboratorios. Revista Peruana de Química e Ingeniería [Internet]. 2005 [revisado 20 febrero 2018];8(2). Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/index/search/search?query=5421&searchJournal=&authors=Jorge+Loayza&title=&abstract=&galleyFullText=&s>

[uppFiles=&dateFromMonth=&dateFromDay=&dateFromYear=&dateToMonth=&dateToDay=&dateToYear=&dateToHour=23&dateToMinute=59&dateToSecond=59&discipline=&subject=&type=&coverage=&indexTerms=](#)

20. Instituto de Química Médica, Servicio de Prevención y Salud Laboral de Madrid. Anexo: Manual de Gestión de residuos de laboratorio. [Internet]. 2005 [revisado 17 marzo 2018]; Disponible en: <http://www.iqm.csic.es/wp-content/uploads/2013/prevencion/recomendaciones%20especificas/10.Manual%20Residuos.pdf>

21. Gavilán I. Guía técnica de acción para residuos químicos. [Internet]. 1st ed. Ciudad de México: Comité Asesor de salud, protección civil y manejo ambiental; 2012 [revisado 15 junio 2017]. Disponible en: <http://www.fcencias.unam.mx/nosotros/comision/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20de%20acci%C3%B3n%20para%20residuos%20qu%C3%ADmicos.pdf>

22. López M. Manual de manejo de residuos peligrosos del Instituto de Química. 1ª . México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2015

23. NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. Diario Oficial de la Federación, septiembre 10, 2015 Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5411121&fecha=09/10/2015](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5411121&fecha=09/10/2015).

24. SEMARNAT. Bases conceptuales y de Diagnostico del programa para la prevención y manejo integral de residuos peligrosos [Internet]. Zona Metropolitana y del Valle de México; Cesar Reyna de la Madrid; 2002 [revisado 13 mayo 2018]. Disponible en: [http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/bases\\_conceptuales\\_residuos\\_peligrosos.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/bases_conceptuales_residuos_peligrosos.pdf)

25. Márquez R. F. Manejo seguro de sustancias peligrosas [Internet]. Concepción, Chile; 2009 [revisado 25 mayo 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/jsovas/sustancias-peligrosas-9815551>

26. Rico S. Gestión de residuos peligrosos en Laboratorios Universitarios. Universidad de Sevilla. Cátedra Prevención de Riesgos Laborales. [Internet]. Sevilla, España; 2010. [revisado 25 mayo 2018] Disponible en: [http://catedraprl.us.es/doc/archivo\\_adjunto\\_pfc\\_4.pdf](http://catedraprl.us.es/doc/archivo_adjunto_pfc_4.pdf)

27. Guzmán S. Curso-Taller en materia de residuos. Presentación expuesta en 2016; Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. [revisado 25 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.gob.mx/profepa/documentos/curso-taller-en-materia-de-residuos>

28. Centro Andaluz de Biología Molecular y Medicina Regenerativa (CABINER). Plan de Actuación en caso de accidente químico o biológico. [Internet]. Sevilla, [revisado 25 mayo 2018]. Disponible en: [https://www.cabimer.es/web/docs/isotopos/plan\\_emergencia\\_quimico\\_biologico.pdf](https://www.cabimer.es/web/docs/isotopos/plan_emergencia_quimico_biologico.pdf)

29.- Alisic B. Taller de mejora 9001:2015. La mejora de los procesos. 2018, UNAM

30. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), El Análisis Causa-Raíz (ACR). Instrumento para la búsqueda e implementación de soluciones para evitar las muertes maternas, fetales y neonatales. [Internet] Argentina ;2011[revisado 28 julio 2018]. Disponible en: <http://www.ms.gba.gov.ar/sitios/tocoginecologia/files/2014/02/El-Analisis-Causa-Raiz-para-la-evaluaciones-de-las-Muertes-Maternas-fetales-y-neonatales.pdf>

31. Gavilán I. Guía técnica de acción para residuos biológico. [Internet]. 1st ed. Ciudad de México: Comité Asesor de salud, protección civil y manejo ambiental; 2012 [revisado 25 julio 2017]. Disponible en: <https://www.atmosfera.unam.mx/wp-content/uploads/2017/10/Gu%C3%ADa-t%C3%A9cnica-de-acci%C3%B3n-para-residuos-biol%C3%B3gicos-2012-1.pdf>

32. Manual de Procedimientos de seguridad Radiológica. Para una instalación radiactiva tipo II clase C, para la operación de fuentes radiactivas abiertas para investigación. Instituto de Biotecnología, UNAM. 2006. [revisado 25 julio 2017]. Disponible en: <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/radio/manualradiologica.pdf>

33. Gavilán I. Guía técnica de acción para residuos radiactivos. [Internet]. 1st ed. Ciudad de México: Comité Asesor de salud, protección civil y manejo ambiental; 2012 [revisado 25 julio 2017]. Disponible en: <http://www.fcencias.unam.mx/nosotros/comision/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20de%20acci%C3%B3n%20para%20residuos%20radiactivos.pdf>

34. Marambio E. Reglamento para el Manejo, Tratamiento y Minimización de Residuos Generados en la Facultad de Química de la UNAM. [Gaceta de la Facultad de Química] Ciudad de México. 2007. Disponible en: <http://www.quimica.unam.mx>

## GLOSARIO

Para efectos de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) se entiende las siguientes definiciones:

**Generación:** Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

**Generador:** Persona física o moral que produce residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

Los generadores adquieren responsabilidades diferenciadas de acuerdo a la cantidad de residuos que generan anualmente.

La LGPGIR clasifica a los generadores en tres categorías, en función de los volúmenes que generen:



### Gran generador

- Es aquel que realiza una actividad en la que generan una cantidad igual o superior a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.



### Pequeño generador

- Es aquel que realiza una actividad en la que generan una cantidad mayor a 400 kilogramos y menor a 10 toneladas en su peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.



### Microgenerador

- Son aquellos establecimientos industrial, comercial o de servicios que generan una cantidad hasta de 400 kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Plan de Manejo:** Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno.

Los planes de manejo se establecen en una o más modalidades.

Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos podrían ser:

- a) **Privados**, los instrumentados por los particulares que conforme a la Ley se encuentran obligados a la elaboración, formulación e implementación de un plan de manejo de residuos.
- b) **Mixtos**, los que instrumenten los señalados en el inciso anterior con la participación de las autoridades en el ámbito de sus competencias.

Considerando la posibilidad de asociación de los sujetos obligados a su formulación y ejecución, podrán ser:

- a) **Individuales**, aquellos en los cuales sólo un sujeto obligado establece en un único plan, el manejo integral que se dará a uno, varios o todos los residuos que genere.
- b) **Colectivos**, aquellos que determinan el manejo integral que se dará a uno o más residuos específicos y el cual puede elaborarse o aplicarse por varios sujetos obligados.

Conforme a su ámbito de aplicación, podrán ser:

- a) **Nacionales**, cuando se apliquen en todo en territorio nacional.
- b) **Regionales**, cuando se apliquen en dos o más estados a nivel territorial o en la Ciudad de México; de dos o más municipios de un mismo estado o de distintos estados.
- c) **Locales**, cuando su aplicación sea en un solo estado, municipio o en la Ciudad de México.

**Gestión Integral de los Residuos:** Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

**Responsabilidad compartida:** Principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

**Manejo integral:** Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

**Coprocesamiento:** Integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo.

**Disposición final:** Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y

a los ecosistemas y sus elementos. Existen tres tipos de sistemas para la disposición final de los residuos peligrosos:

- I. Confinamientos controlados: obras de ingeniería utilizadas para la disposición final de los residuos peligrosos, que garantizan su aislamiento definitivo.
- II. Confinamientos en formaciones geológicas estables: obras de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos en estructuras naturales permeables.
- III. Receptores agroquímicos: sólo pueden confinar residuos de agroquímicos o sus envases.

**Valorización:** Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

Así mismo, para que un material o producto pueda ser considerado legalmente como residuo peligroso, que primeramente sea considerado como residuo y en segundo lugar que posea alguna característica que le confiera peligrosidad (CRETIB), por lo tanto para poder determinar si un material o producto debe estar sujeto o no a la normatividad en materia de residuos peligrosos, se debe establecer si el mismo es residuo, si puede ser utilizado dentro de algún otro proceso productivo de terceros (valorizado), si requiere de tratamiento previo, para disminución de volumen o peligrosidad, o sólo puede ser dispuesto finalmente; todo ello en orden de preeminencia como lo establece el artículo 2 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Para efectos de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-NUCL-2013, se entiende las siguientes definiciones:

**Actividad:** El número de transiciones nucleares espontáneas que ocurren por unidad de tiempo en una actividad dada de un material radiactivo. Formalmente, la actividad  $A$ , de una cantidad dada de material radiactivo, es cociente de  $dN$  entre  $dt$ , siendo  $dN$  el número de transiciones nucleares espontáneas que ocurren en el intervalo  $dt$ . La unidad de actividad es el bequerel (Bq). Donde  $1 \text{ Bq} = 1$  desintegración/s ( $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10}$  desintegraciones/s)

**Concentración de actividad:** Es la actividad contenida por unidad de volumen  $\text{Bq/m}^3$  o por unidad de masa  $\text{Bq/g}$ .

**Desecho radiactivo:** Cualquier material para el que no se tenga previsto uso alguno y que contenga o este contaminado por radionúclidos a concentraciones o niveles de actividad mayores a los establecidos por la NOM-035-NUCL-2001.

**Material radiactivo:** Cualquier material que contiene uno o varios radionúclidos que emites espontáneamente partículas o radiación electromagnética, o que se fisioan espontáneamente.

**Radionúclidos de vida media corta:** Son aquellos cuya vida media es menor o igual a 30 años, incluyendo al Cesio-137.

**Radionúclidos de vida media larga:** Son aquellos cuya vida media es mayor a 30 años.

**Clasificación de los desechos radiactivos:** Los desechos radiactivos se clasifican de acuerdo con la concentración de actividad, la actividad y la vida media de los radionúclidos presentes en éstos y su origen, como:

- a) Nivel bajo: Clase A, Clase B y Clase C
- b) Nivel intermedio
- c) Nivel Alto
- d) Desechos mixtos
- e) Jales de uranio y torio

Criterios para la clasificación de los desechos radiactivos.

- a) **Desechos radiactivos de nivel bajo Clase A:** Son aquellos que cumplan con alguno de los siguientes criterios, teniendo en consideración que los radionúclidos que no estén contenidos en las Tablas 16 y 17, no se deben considerar al aplicarlos:
  1. Es un desecho radiactivo con radionúclidos de la Tabla 16, pero no de la Tabla 17, donde la suma de las fracciones acorde al Apéndice A es menor de 1.0 tomando como límite de concentración individual de los

radionúclidos el 10% del valor establecido en la Tabla 16, para cada uno de ellos.

2. Es un desecho radiactivo con radionúclidos de la Tabla 17, pero no de la Tabla 16, donde la suma de las fracciones acordes al Apéndice A en menor de 1.0 tomando como límites de concentración individual de los radionúclidos, los valores establecidos en la columna 1 de la Tabla 17, para cada uno de ellos.
3. Es un desecho radiactivo que contiene radionúclidos de la Tabla 16 y de la Tabla 17, donde la concentración individual para los radionúclidos contenidos en la Tabla 16, es menor al 10% del valor correspondiente para cada uno de ellos, y la suma de las fracciones, acorde al Apéndice A, es menor de 1.0 tomando como límite de concentración individual de los radionúclidos los valores establecidos en la comuna 1 de la Tabla 17.
4. El desecho radiactivo no contiene radionúclidos de las Tablas 16 y 17.

**Tabla 16.** Concentraciones de referencia para la clasificación de desechos radiactivos que contengan radionúclidos de vida media larga

Radionúclidos	Concentración 1010(Bq/m <sup>3</sup> )	Concentración (Ci/m <sup>3</sup> )
<sup>14</sup> C	29.6	8
<sup>14</sup> C en metal activado	296	80
<sup>59</sup> Ni en metal activado	814	220
<sup>94</sup> Nb en metal activado	0.74	0.2
<sup>99</sup> Tc	11.1	3
<sup>129</sup> I	0.296	0.08
Radionúclidos emisores alfa con una vida media mayor de 5 años, excepto el uranio	3.7	100
<sup>241</sup> Pu	129.5	3500
<sup>242</sup> Cm	740	20000

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-004-NUCL-2013

**Tabla 17.** Concentraciones de referencia para la clasificación de desechos radiactivos que contengan radionúclidos de vida media corta

Radionúclidos	Columna 1 10 <sup>10</sup> Bq/m <sup>3</sup> (Ci/m <sup>3</sup> )	Columna 2 10 <sup>10</sup> Bq/m <sup>3</sup> (Ci/m <sup>3</sup> )	Columna 3 10 <sup>10</sup> Bq/m <sup>3</sup> (Ci/m <sup>3</sup> )
Todos los radionúclidos con vida media menor de 5 años	2590 (750)	*	*
<sup>3</sup> H	148 (40)	*	*
<sup>60</sup> Co	2590 (700)	*	*
<sup>63</sup> Ni	259 (3.5)	2690 (70)	(700)
<sup>63</sup> Ni en metal activado	129.5 (35)	2590 (700)	25900 (7000)
<sup>90</sup> Sr	0.148 (0.04)	555 (150)	25900 (7000)
<sup>137</sup> Cs	3.7 (1.0)	162.8 (44)	17020 (4600)

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-004-NUCL-2013

(\*) No existen límites establecidos para estos radionúclidos en desechos radiactivos de Nivel Bajo Clase B o C. Consideraciones prácticas tales como el efecto de la radiación externa y generación de calor interno para el transporte, manejo y disposición, limitan la concentración de actividad de estos desechos. Estos desechos radiactivos deben clasificarse como desechos radiactivos de Nivel Bajo clase B, a menos que la concentración de actividad de otros radionúclidos en la Tabla 17 determine que el desecho radiactivo pertenece al Nivel Bajo Clase C, independientemente de estos radionúclidos.

- b) **Desechos radiactivos de nivel bajo Clase B:** Se clasifican como desechos radiactivos de Nivel Bajo Clase B, aquellos que cumplan con alguno de los siguientes criterios, teniendo en consideración que los radionúclidos no contenidos en las tablas 16 y 17 no se deben considerar al aplicarlos:
1. Es un desecho radiactivo que contiene radionúclidos de la Tabla 17, pero no de la Tabla 16, para el cual, la suma de las fracciones de acuerdo con el Apéndice A, es menor o igual a 1.0, tomando como límite para la concentración de actividad individual de los radionúclidos los valores establecidos en la columna 2 de la Tabla 17, y mayor o igual que 1.0 cuando se toman como límite de concentración de actividad los valores establecidos en la columna 1 de la misma tabla.
  2. Es un desecho radiactivo que contiene radionúclidos de la Tabla 16 y de la Tabla 17, para el cual, la concentración de actividad individual de los radionúclidos de la Tabla 16 es menor al 10% del valor correspondiente para cada uno de ellos y la suma de las fracciones para los radionúclidos contenidos en la Tabla 17, de acuerdo con el Apéndice A, es menor o igual a 1.0, tomando como límite para la

concentración de actividad individual de los radionúclidos los valores establecidos en la columna 2 de la Tabla 17 y mayor a 1.0 cuando se toman como límites de concentración de actividad los valores establecidos en la columna 1 de la misma tabla.

c) **Desechos radiactivos de nivel bajo Clase C:** Se clasifican como desechos radiactivos de Nivel Bajo Clase C, aquellos que cumplan con alguno de los siguientes criterios, teniendo en cuenta que los radionúclidos no contenidos en las tablas 16 y 17 no se deben considerar durante su aplicación:

1. Es un desecho radiactivo con radionúclidos de la Tabla 16, pero no de la Tabla 17, para el cual, la suma de las fracciones, de acuerdo con el Apéndice A, es mayor que 1.0, tomando como límite para la concentración de actividad individual de los radionúclidos el 10% del valor correspondiente de la Tabla 16, y menor o igual a 1.0 cuando se toman como límite los valores correspondientes de la misma tabla.
2. Es un desecho radiactivo con radionúclidos de la Tabla 17, pero no de la Tabla 16, para el cual, la suma de las fracciones de acuerdo con el Apéndice A, es menor o igual a 1.0, tomando como límite para la concentración de actividad individual de los radionúclidos los valores de la columna 3 de la Tabla 17 y no se cumple el criterio 1 de los desechos radiactivos de nivel bajo clase B.
3. Es un desecho radiactivo que contiene radionúclidos de la Tabla 16 y de la Tabla 17, para el cual, la concentración de actividad de al menos un radionúclido de la Tabla 16 es mayor al 10% del valor correspondiente, sin exceder el mismo, y la suma de las fracciones de los radionúclidos de la Tabla 17, de acuerdo con el Apéndice A, es menor o igual a 1.0, tomando como límite para la concentración de actividad individual de los radionúclidos los valores de la columna 3 de la Tabla 17.
4. Es un desecho con radionúclidos de la Tabla 16 y de la Tabla 17, para el cual, la concentración de actividad para cualquier radionúclido de la Tabla 16 es menor al 10% del valor correspondiente y la suma de las fracciones para los radionúclidos contenidos en la Tabla 17, de acuerdo con el Apéndice A, es menor o igual a 1.0, tomando como límite para la concentración de actividad individual de los radionúclidos los valores establecidos en la columna 3 de la Tabla 17, y mayor a 1.0 cuando se toman como límite para la concentración de actividad individual de los radionúclidos los valores establecidos en la columna 2 de la misma tabla.

d) **Desechos radiactivos de Nivel Intermedio:** Se clasifican como desechos radiactivos de Nivel Intermedio, aquellos que cumplan con alguno de los siguientes criterios, teniendo en cuenta que los radionúclidos no contenidos en las tablas 16 y 17 no se deben considerar durante su aplicación:

1. Es un desecho radiactivo con radionúclidos de la Tabla 16, pero no de la Tabla 17, para el cual, la suma de las fracciones, de acuerdo con el Apéndice A, es mayor a 1.0, tomando como límite para la concentración de actividad individual de los radionúclidos los valores de la Tabla 16.
2. Es un desecho radiactivo con radionúclidos de la Tabla 17, pero no de la Tabla 16, para el cual, la suma de las fracciones, de acuerdo con el Apéndice A, es mayor que 1.0, tomando como límite para la concentración de actividad individual para los radionúclidos los valores de la columna 3 de la Tabla 17.
3. Es un desecho radiactivo que contiene radionúclidos de la Tabla 16 y de la Tabla 17, para el cual, la concentración de actividad para todos los radionúclidos de la Tabla 16 es menor al 10% del valor correspondiente, y la suma de las fracciones para los radionúclidos contenidos en la Tabla 17, de acuerdo con el Apéndice A, es mayor a 1.0, tomando como límite para la concentración de actividad individual de los radionúclidos los valores de la columna 3 de la Tabla 17.
4. Es un desecho radiactivo que contiene radionúclidos de la Tabla 16 y de la Tabla 17, para el cual, la concentración de actividad para cualquier radionúclido de la Tabla 16 es menor al valor correspondiente, pero mayor al 10% del mismo, y la concentración de actividad de al menos un radionúclido contenido en la Tabla 17 es mayor a los valores correspondientes de la columna 3, Tabla 17.
5. Es un desecho radiactivo con radionúclidos de la Tabla 16 y de la Tabla 17, para el cual, la concentración de actividad individual de al menos uno de los radionúclidos de la Tabla 16 es mayor al límite correspondiente.

## APÉNDICE A

Sumatoria de las fracciones de una mezcla de radionúclidos contenidos en el desecho radiactivo

A.1 Para el cálculo de la sumatoria de las fracciones de radionúclidos en el desecho, se aplica la siguiente relación:

$$S_f = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{L,i}}$$

Donde:

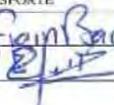
$S_f$ = Suma de las fracciones para las concentraciones de actividad.

$C_i$ = Concentración de actividad en Bq/m<sup>3</sup> (Ci/m<sup>3</sup>), Bq/g (Ci/g) del i-ésimo radionúclido contenido en el desecho.

$C_{L,i}$ = Límite de concentración de actividad en Bq/m<sup>3</sup> (Ci/m<sup>3</sup>), Bq/g (Ci/g) para el i-ésimo radionúclido.

$\Sigma$ = Sumatoria

**Anexo 1 Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos**

<b>SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</b>		<b>MI-MX</b>					
 SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	SUBSECRETARIA DE GESTION PARA LA PROTECCION AMBIENTAL DIRECCION GENERAL DE GESTION INTEGRAL DE MATERIALES Y ACTIVIDADES RIESGOSAS	Folio No. <b>0272 / 2018</b>					
<b>MANIFIESTO DE ENTREGA, TRANSPORTE Y RECEPCION DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>							
1.- No. DE REGISTRO AMBIENTAL O No. DE REGISTRO COMO EMPRESA GENERADORA		2.- No. DE MANIFIESTO					
3.- PAGINA							
4.- RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA GENERADORA: <u>UNAM INSTITUTO DE QUIMICA</u>							
DOMICILIO Y C.P.: <u>FACULTAD DE QUIMICA CIUDAD UNIVERSITARIA, S/N COL. CIUDAD UNIVERSITARIA C.P. 04510</u>							
MUNICIPIO O DELEGACION: <u>COYOACAN</u> ESTADO: <u>DISTRITO FEDERAL</u>							
TELÉFONO: <u>(55) 3622 4438</u>							
<b>GENERADOR</b>	5.- DESCRIPCION (Nombre del Residuo)	CARACTERISTICAS CRETIB	CANTIDAD	CONTENEDOR TIPO	CAPACIDAD	CANTIDAD TOTAL DE RESIDUO	UNIDAD VOL./PESO
	MEZCLA DE DISOLVENTES	T, I	9	TAMBOR DE 200 L		1800	Kg
	SABURA INDUSTRIAL	T	5	TAMBOR DE 200 L		1000	Kg
	SOLIDOS SUCIOS (SILICE, CELITA, ALUMINA)	T	1	TAMBOR DE 200 L		200	Kg
	ACUOSOS ORGANICOS	T	1	TAMBOR DE 200 L		200	Kg
	<u>Disolventes Halogenados</u>	<u>T, I</u>	<u>3</u>	<u>tambor</u>	<u>200</u>	<u>600</u>	<u>Kg</u>
6.- INSTRUCCIONES ESPECIALES E INFORMACION ADICIONAL PARA EL MANEJO SEGURO: <u>EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL</u>							
7.- CERTIFICACION DEL GENERADOR: Declaro que el contenido de este lote está total y correctamente descrito mediante el nombre del residuo, características CRETIB, bien empaquetado, marcado y rotulado y que se han previsto las condiciones de seguridad para su transporte por vía terrestre de acuerdo a la Legislación Nacional vigente.							
NOMBRE FIRMA DEL RESPONSABLE: <u>Maricruz López López</u> 							
<b>TRANSPORTISTA</b>	8.- NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTISTA	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS S. DE R. L. DE C. V. REGISTRO CON 20 COL. AMPLIACION MARQUELE BENITO JUAREZ, 43640 DISTRITO FEDERAL 55231143 (5520) 93011516077 084-1110 PROPRIOGA					
	DOMICILIO						
	TELÉFONO / FAX						
	No. REGISTRO S.C.T.						
9.- RECIBI LOS RESIDUOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO PARA SU TRANSPORTE NOMBRE: <u>EFRAIN BARRILLO BOUTISTA</u> CARGO: <u>EFRAIN</u> FIRMA:  FECHA DE EMBARQUE: <u>21 03 18</u> DIA / MES / AÑO							
10.- RUTA HASTA LA ENTREGA							
11.- TIPO DE VEHICULO							
12.- NOMBRE DE LA EMPRESA DESTINATARIA: <u>MANEJO Y ACOPIO DE RESIDUOS PELIGROSOS S. DE R. L. DE C. V.</u>							
AUTORIZACION DE LA SEMARNAT: <u>Y746PS-424-2620</u>							
DOMICILIO: <u>AV. DEL CASINO A SAN ANTONIO CHICHAU CDMX</u>							
TELÉFONO: <u>447-454 3898</u>							
13.- RECIBI LOS RESIDUOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO							
OBSERVACIONES:							
NOMBRE: <u>Jose Alejandro Guzmán García</u> FIRMA:  CARGO: <u>Coordinador técnico</u> FECHA DE RECEPCION: <u>21-03-18</u>							

**ORIGINAL**





## Anexo 2 Bitácora de residuos peligrosos



GENERACIÓN											ALMACENAMIENTO TEMPORAL		
Nombre del residuo peligroso	Cantidad generada	Características de peligrosidad del residuo – Código de peligrosidad de los residuos (CPR)									Área o proceso de generación	Fecha de ingreso	Fecha de salida
		C	R	E	T	Te	Th	Tt	I	B			

Aspectos importantes para el llenado de la bitácora de residuos peligrosos

1. Los nombres de los residuos deben coincidir con los nombres manifestados en el registro como generador de residuos peligrosos.
2. La cantidad de residuos deben registrarse en unidades de peso (g, kg, ton).
3. Las características CRETIB deben coincidir con los nombres manifestados en el registro como generador de residuos peligrosos.
4. Debe anotarse la fecha de ingreso al almacén temporal.
5. Fecha de salida del almacén temporal (fecha de entrega al transportista), debe de coincidir con la fecha registrada por el transportista en el manifiesto y debe ser menor de 6 meses.
6. Debe estar actualizada y se debe de llenar todos los apartados.

Código de peligrosidad de los residuos (CPR).  
 El Código de peligrosidad de los residuos (CPR), como son: Corrosivo (C), Reactivo (R), Explosivo (E), Tóxico (T), Tóxico ambiental (Te), Tóxico agudo (Th), Tóxico crónico (Tt), Inflamable (I) y Biológico Infeccioso (B) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Cuando se describe un residuo peligroso que no se encuentre listado en la Norma Oficial mencionada, deberá indicarse su CPR de acuerdo a la manifestación por conocimiento científico o evidencia empírica que se tiene del residuo.

### Anexo 3 Procedimiento para el lavado de frascos de vidrio

Usualmente los frascos de vidrio que contuvieron reactivos o residuos químicos quedan impregnados con pequeños restos de material, dichos frascos requieren de un lavado previo para ser desechado o reusado. (34)

Este procedimiento es aplicable para todos en la comunidad del instituto que hacen uso de reactivos químicos y generan residuos.

#### Descripción del procedimiento:

1. Usar el equipo de protección personal que comúnmente utiliza para preparar sus reactivos (bata, guantes, lentes de seguridad).
2. Escurrir todo el contenido del frasco y depositarlo en los residuos químicos de su laboratorio.
3. Realizar un primer lavado del frasco de acuerdo a la siguiente recomendación en la Tabla 18:

**Tabla 18.** Soluciones para realizar el lavado de frascos

Solución*	Contenido	Remanentes de las sustancias en los frascos
A	Carbonato de sodio 5% Tiosulfato de sodio 5%	Ácidos inorgánicos, cloroformo, disolventes aromáticos
B	Hipoclorito de calcio 10%	Metales pesados, fenoles, cianuros, amoníaco
C	Tiosulfato de sodio 5%	Aceites, grasa, disolventes halogenados
D	Ácido clorhídrico 5%	Bases inorgánicas y álcalis
E	Detergente en agua	Hidrocarburos, disolventes oxigenados, sales inorgánicas de Na, K, Cu, Mg

Fuente: Reglamento para el Manejo, Tratamiento y Minimización de residuos generados en la Facultad de Química de la UNAM. Gaceta Facultad de Química. 2007. p.17.

\*Estas soluciones se recomiendan en la literatura aplicando el factor de dilución y en algunos casos la degradación química.

4. Los residuos del primer lavado deberán separarse en un frasco de residuos rotulado como "RESIDUOS DE LAVADO DE VIDRIO".
5. Dar un segundo lavado con la solución E y desechar al drenaje.
6. Finalizar con un tercer lavado con abundante agua.
7. Si el frasco se va a desechar a la basura como residuos inorgánicos deberán romperse para evitar su reúso.

Los frascos que contuvieron algún reactivo en particular, se deberá revisar las recomendaciones de destrucción descritos en la hoja de seguridad correspondientes.