



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Propuesta de plan de manejo de residuos
peligrosos generados en el Centro de
Investigación de Ingenierías y Ciencias
Aplicadas (CIICAp) de la UAEM**

T E S I N A

**QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE
RESIDUOS**

P R E S E N T A:

Ing. Amb. Sonia Thalía Notario Acosta

DIRECTOR DE TESINA:

M en MRN. Julio César Lara Manrique

Cuernavaca, Morelos

Mayo, 2022

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	7
El modo de producción y los residuos	7
Descripción de los residuos peligrosos	7
Conceptos con relación al manejo de los residuos peligrosos con base en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.....	10
Efectos ambientales y de salud generados por los residuos peligrosos.....	14
Situación de los residuos peligrosos (RP) en México.....	17
Legislación en materia de residuos peligrosos.....	28
Manejo de residuos peligrosos en instituciones de educación superior.....	35
La UAEM en materia de residuos peligrosos.....	37
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	42
CAPÍTULO III. OBJETIVOS	44
CAPÍTULO IV. PROPUESTA A IMPLEMENTAR	45
CAPITULO V. PRINCIPALES HALLAZGOS.....	49
DIAGNÓSTICO.....	49
PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO	66
CAPITULO VI. CONCLUSIONES	75
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS.....	78
ANEXO A.....	82
ANEXO B.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características y clasificación de los diferentes tipos de residuos de acuerdo con LGPGIR (2003).	8
Tabla 2. Características y especificaciones de los residuos peligrosos.	9
Tabla 3. Obligatoriedad para presentar un plan de manejo de residuos peligrosos con base en los artículos 44, 46, 47 y 48 de la LGPGIR (2003).	12
Tabla 4. Sustancias químicas mayormente reportadas a nivel mundial en procesos productivos de acuerdo con la SEMARNAT (2013).....	15
Tabla 5. Generación de RP según el SNIARN (2020) por entidad federativa en el periodo de 2004-2019.	19
Tabla 6. Generación de residuos peligrosos reportada por empresas registradas, según cada sector industrial en el periodo 2004-2019.	20
Tabla 7. Generación estimada de residuos peligrosos por categoría y subcategoría (2004-2019).....	23
Tabla 8. Modalidades de manejo de RP con su respectivo número de plantas y capacidad instalada, para el año 2018 y 2019.....	25
Tabla 9. Cantidad de plantas y estados autorizados a nivel nacional para la recolección y transporte de residuos peligrosos	25
Tabla 10. Almacenamiento y acopio de residuos peligrosos por entidad federativa y plantas autorizadas con sus respectivas capacidades (2004-2019).	26
Tabla 11. Reciclaje de residuos peligrosos por entidad federativa y plantas autorizadas (2004-2019)....	27
Tabla 12. Plantas autorizadas para el tratamiento de residuos peligrosos por entidad federativa con su respectiva capacidad instalada (2004-2019).....	27
Tabla 13: Planes de manejo registros en México para el periodo 2015-2019.	28
Tabla 14. Artículos en materia de RP presentes en el título quinto de la LGPGIR.....	30
Tabla 15. Artículos en materia de RP presentes en el título cuarto del reglamento de la LGPGIR	31
Tabla 16. Planes de manejo de residuos peligrosos en centros de investigación a nivel internacional y nacional.....	35
Tabla 17. Características físicas y de peligrosidad de los residuos peligrosos del CIICAp.....	53
Tabla 18. Afectaciones a la salud y al ambiente de los residuos peligrosos generados en el CIICAp	54
Tabla 19. Incompatibilidad de los residuos peligrosos generados en el CIICAp	64
Tabla 20: Equipo de protección personal sugerido para el transporte de los residuos peligrosos al almacén temporal.	70
Tabla 21. Recipientes sugeridos para el envasado de los residuos peligrosos	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de las implicaciones de un plan de manejo con base en la LGPGIR (2003).	12
Figura 2. Ciclo de vida de los residuos peligrosos	14
Figura 3. Categorías de generador de RP de acuerdo con la LGPGIR, (2003).	18
Figura 4. Generación de RP de acuerdo con la categoría de generador y cantidad de empresas registradas ante la SEMARNAT de cada categoría para el periodo 2004-2019,	19
Figura 5. Generación estimada de residuos peligrosos por categoría de residuos en el periodo 2004-2019 (SNIARN, 2020).	22
Figura 6. Diferentes fases del manejo de residuos peligrosos. Fuente: Elaboración propia con base en la LGPGIR (2003).	24
Figura 7. Organización interna de la UAEM para el manejo los RP que se generen en el campus. Fuente: tomado de Ortíz-Hernández et al., 2013.	38
Figura 8. Diagrama de flujo de las fases a las que se ven sujetos los RP que se generan dentro de la UAEM. Fuente: tomado de Ortíz-Hernández et al., 2013.	39
Figura 9. Manejo de los RP en la UAEM (procedimientos y especificaciones). Fuente: Tomado de Ortíz-Hernández et al., 2013.	40
Figura 10. Procedimiento para el manejo de los residuos peligrosos conforme a lo establecido en el manual ambiental del sistema de gestión ambiental. Fuente: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 2016	41
Figura 11. Área de estudio. A: área que conforma a la UAEM campus Chamilpa (indicador azul: CIICAp). B: Centro de Investigación en Ingenierías y Ciencias aplicadas (CIICAp) en Cuernavaca, Morelos, México.	45
Figura 12. Estrategia metodológica para la elaboración del plan de manejo de RP generados en el CIICAp.....	48
Figura 13. Diagrama sobre las actividades realizadas en el CIICAp.....	50
Figura 14. Residuos peligrosos generados en la UAEM y costo derivado de su manejo integral	51
Figura 15. Residuos peligrosos generados en el CIICAp en el periodo 2015-2019	52
Figura 16. Generación de residuos peligrosos reportada por la unidad generadora (CIICAp) en el periodo 2015-2019.	52
Figura 17. Formato F-SGA-028	56
Figura 18. Formato F-SGA-029	56
Figura 19. Procedimiento del manejo de los residuos peligrosos del CIICAp. DGDS: Dirección General de Desarrollo Sustentable.	58
Figura 20. Etiqueta para la identificación de residuos peligrosos	60
Figura 21. Rombo para la clasificación de riesgos y su significado (Norma NFPA 704)	61
Figura 22. Pictogramas de peligros físicos y para la salud.....	61
Figura 23. Ubicación del almacén temporal del CIICAp, dentro de la UAEM.....	63
Figura 24. Procedimiento del manejo de los residuos peligrosos del CIICAp con medidas de minimización y valorización. DGDS: Dirección General de Desarrollo Sustentable.	69

INTRODUCCIÓN

El crecimiento constante de la sociedad trae consigo una acelerada urbanización y la necesidad de acondicionar las ciudades para cumplir con las demandas de consumo (Díaz Álvarez, 2014; Foladori, 2007) en las cuales participan diferentes sectores industriales con procesos de manufactura, almacenamiento, uso de materias primas, de sustancias y productos químicos que al final de los procesos se convierten en residuos. Entre estos últimos se encuentran los Residuos Peligrosos (RP), que de acuerdo con la Ley General de Prevención y Gestión de los Residuos (2003) (LGPGIR) son aquellos que poseen alguna característica de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad o ser Biológico infeccioso (CRETIB). Por ello, los RP tienen el potencial de contaminar el aire, agua y suelo. Además la biota se ve considerablemente afectada cuando entra en contacto con dichos residuos (Artunduaga et al., 2015; Pablos, 2014).

Particularmente en México, la SEMARNAT (2019) en su informe de la situación del medio ambiente del 2018 registró la presencia de más de 148 millones de sustancias químicas a nivel mundial, que mayormente son utilizadas en procesos industriales que al término de su uso, se convierten en residuos. Asimismo, algunas de estas sustancias se consideran bioacumulables, tóxicas y carcinogénicas. De modo que resulta relevante llevar a cabo la gestión segura y adecuada de dichos residuos para prevenir condiciones que afecten a los ecosistemas y a los seres humanos.

Para llevar a cabo una gestión integral adecuada de los RP, la LGPGIR plantea el uso de los planes de manejo, con la intención de poner en práctica la responsabilidad compartida pero diferenciada de todos los sectores involucrados en la generación de dichos residuos.

No obstante, el uso de sustancias químicas peligrosas y la generación de RP no se restringe al sector productivo, de manera similar las Instituciones de Educación Superior (IES), también se ven involucradas en estas situaciones al contar con diferentes unidades médicas y laboratorios de docencia e investigación dentro de ellas. Tal es el caso del Centro de Investigación en Ingenierías y Ciencias Aplicadas (CIICAp) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) el cual es considerado como generador de RP. De acuerdo con la legislación mexicana, el CIICAp debe cumplir con la gestión adecuada de sus RP para prevenir riesgos a la salud y al ambiente e implementar acciones minimizarlos, desde su generación hasta la disposición final. Por tal motivo y dado que el CIICAp no cuenta con un plan de manejo para sus residuos, el presente trabajo tiene como propósito proponer un plan de manejo para los RP, identificando en primera instancia todos los aspectos relacionados con su gestión, desde la generación hasta el

confinamiento. Con esto se pretende lograr un manejo adecuado de los RP conforme a la legislación mexicana en la materia y con la política interna de la UAEM, reduciendo así el impacto de dichos residuos sobre el ambiente y protegiendo la salud de las poblaciones.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

El modo de producción y los residuos

El modo de producción que predomina en la actualidad es el capitalismo. Esto debido en primer lugar al aumento de materiales y productos de basta diversificación (Lara y Colín, 2007). Así como también al consumo desmesurado por la referencia hacia el confort y la satisfacción de tener más en volumen, aunado al apego hacia los materiales. Particularmente el capitalismo, ha generado las peores crisis ambientales derivadas de una de sus primordiales características, el desperdicio. De manera similar Foladori, (2007) menciona que los desechos generados por nuestro sistema económico puede adquirir diferentes formas, ya sea por el consumo excesivo o por el excedente que no se utiliza en el consumo personal. Sin embargo, el desperdicio generado por los mercados producto de las mercancías que no se venden, causa daños irreversibles en los ecosistemas debido a que las materias primas y la energía utilizada para crearlas ya ha sido consumida.

Cabe señalar que el capitalismo sigue una racionalidad basada en sostener una tasa de ganancia, es decir, el crecimiento temporal de los beneficios económicos. Para esto se ve en la necesidad de aprovechar los medios de producción, como el suelo, la tierra y el trabajo, que se podría englobar en los ecosistemas y las personas. Por todo esto, hemos llegado un punto en el que la extracción continua e ininterrumpida de los recursos naturales ha alcanzado el concepto de ruptura ecológica (Foster et al., 2011). Es decir, que la velocidad del capital para explotar recursos supera la capacidad de recuperación de los ecosistemas, mediante la interrupción de los ciclos naturales que tiene como consecuencia el agotamiento de los recursos y la generación de residuos.

Descripción de los residuos peligrosos

Residuo

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) define a un residuo como cualquier material que se genere en procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento y que su calidad no le permita ser utilizado nuevamente en el proceso que lo generó. De manera semejante, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) define a un residuo como: “cualquier 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 que requiere sujetar a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la ley y demás ordenamientos que de ella deriven.”

Cabe mencionar que el término propuesto por la LGEEPA generalmente ha sido sustituido por el propuesto en la LGPGIR, debido a que además de que esta última es más actual en la materia, dicha ley establece un enfoque de manejo más integral desde el concepto de residuo, en el que hace hincapié en la valorización de los residuos para ser utilizados en otros procesos y de igual manera, plantea la prevención de la generación para la minimización de estos. Adicionalmente, esta ley diferencia los conceptos de gestión y manejo, como se verá más adelante.

Clasificación de los residuos

De igual manera, de acuerdo a la LGPGIR, en la tabla 1 se muestra la clasificación de los residuos y sus particularidades.

Tabla 1. Características y clasificación de los diferentes tipos de residuos de acuerdo con LGPGIR (2003).

C	Tipo de residuo	Características
Municipal	Residuos Sólidos Urbanos	Residuos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques. Los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias. Así como los residuos resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.
Estatad	Residuos de Manejo Especial	Residuos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.
Federal	Residuos Peligrosos	Residuos que posean alguna de las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, o que contengan agentes Biológico-Infeciosos (CRETIB) que les confieran peligrosidad. En esta categoría también están considerados los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.

C: Competencia gubernamental

Fuente: Elaboración propia con base en la LGPGIR (2003).

Características de los residuos peligrosos

Como se mencionó anteriormente los RP, son aquellos que tienen alguna característica CRETIB. En la tabla 2 se describen las particularidades de estas características con base en la NOM-052-SEMARNAT-2005 y la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

Tabla 2. Características y especificaciones de los residuos peligrosos.

Característica	Especificación
Corrosividad	<p>El residuo es corrosivo cuando presenta las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Es un líquido acuoso que presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.5. B. Es un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.5 C. Es un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón, tipo SAE 1020 a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año a una temperatura de 328 K (55°C)
Reactivo	<p>El residuo es reactivo cuando presenta las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición. B. Cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor de un litro por kilogramo del residuo por hora. C. Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor. D. Posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables, que cuando se expone a condiciones ácidas genera gases en cantidades mayores a 250 mg de ácido de ácido cianhídrico por kg de residuo o 500 mg de ácido sulfhídrico por kg de residuo.
Explosivo	<ul style="list-style-type: none"> A. Cuando el residuo es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento.
Tóxico	<ul style="list-style-type: none"> A. Cuando el extracto PECT (obtenido a partir del procedimiento de la NOM-053-SEMARNAT-1994), contenga cualquiera de los constituyentes tóxicos listados en la tabla 2 de esta norma en una concentración mayor a los límites ahí señalados.
Inflamable	<ul style="list-style-type: none"> A. Es un líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60.5°C, medido en copa cerrada, quedando excluidas las soluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%. B. No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C. C. Es un gas que, a 20°C y una presión de 101.3 kPa, arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire,

	o tiene un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.
	D. Es un gas oxidante que puede causar o contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.
Biológico- Infeccioso	A. Se consideran residuos biológico-infecciosos: la sangre y sus componentes, los cultivos de cepas de agente biológico-infecciosos, utensilios desechables usados para contener, transferir, inocular y mezclas cultivos de agentes biológico-infecciosos; las muestras biológicas, los tejidos, órganos y partes de intervenciones quirúrgicas, los cadáveres y partes de animales, los materiales de curación que contengan secreciones o sangre y los objetos punzocortantes.

Fuente: Elaboración propia con base en la NOM-052-SEMARNAT-2005 y la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

Conceptos con relación al manejo de los residuos peligrosos con base en la Ley

General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

Prevención

La LGPGIR menciona que se debe implementar la prevención en la generación de los residuos mediante la aplicación de medidas que no permitan la generación parcial o completa de los residuos. Así, se pueden reducir los impactos negativos al medio ambiente causado por la generación de residuos.

Gestión Integral de los Residuos

La gestión integral de los residuos se define como el 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. Lo cual tiene el propósito de lograr beneficios ambientales mediante la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Manejo Integral

El manejo integral son todas las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos. Estas actividades pueden ser individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones

y necesidades de cada lugar. También se deben cumplir objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

Generación

Es la acción de producir residuos a través de del desarrollo de procesos productivos y de consumo. Esto involucra a un generador, el cual se define como la persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo. Las diferentes categorías de generadores de RP estipulado en la LGPGIR se presentan a continuación:

- I. **Grandes generadores:** Es la persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- II. **Pequeños generadores:** Es la persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a 400 kilogramos y menor a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- III. **Microgeneradores:** Es aquel establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta 400 kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

Plan de manejo

La LGPGIR establece al plan de manejo como un instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y RP específicos, todo esto bajo criterios de eficiencia ambiental tecnológica, económica y social. El plan de manejo debe tener fundamento en un diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos, que sea diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral. Los planes de manejo deben considerar el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables que involucre 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. Las implicaciones de un plan de manejo se presentan en la figura 1.



Figura 1. Esquema de las implicaciones de un plan de manejo con base en la LGPGIR (2003).

Asimismo, los planes de manejo tienen una obligatoriedad con base en la LGPGIR dependiendo de las categorías de generación mencionadas anteriormente. En la tabla 3 se presentan las diferentes categorías de generadores de RP y su obligatoriedad para presentar un plan de manejo.

Tabla 3. Obligatorio para presentar un plan de manejo de residuos peligrosos con base en los artículos 44, 46, 47 y 48 de la LGPGIR (2003).

Categoría	Gran generador	Pequeño generador	Microgenerador
Volumen de generación	Más de 10 toneladas anuales	Menos de 100 toneladas y más de 400 kg anuales	Menos de 400 kg anuales
¿Obligatorio?	Sí	No	No

Fuente: Modificado de Castillo-Carrasco, (2012).

Transporte

De acuerdo a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2007) el transporte de los residuos incluye el recorrido de estos realizada por los prestadores de servicio para su almacenamiento, tratamiento o disposición final. Cabe mencionar que los RP y/o biológico-infecciosos no pueden transportarse junto con ningún otro tipo de residuo.

Tratamiento

El tratamiento son todos los procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad (LGPGIR, 2003)

Almacenamiento

El almacenamiento es la manera en la que se almacenan, acopian y/o reúnen los residuos, e incluye las especificaciones de cómo envasarlos ya sea en bolsas o contenedores. Para los RP es importante que se coloquen en recipientes adecuados (tomando en cuenta sus características CRETIB) con sus respectivas etiquetas. Dichos residuos no pueden permanecer en un almacén en un periodo mayor a 6 meses, de acuerdo con el artículo 84 del Reglamento de la LGPGIR.

Disposición final y confinamiento

La disposición final hace referencia a la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios cuyas instalaciones y características permitan prevenir su liberación al ambiente, afectaciones a la salud de la población, a los ecosistemas y sus elementos. En el caso de los RP el confinamiento es un tipo de disposición final que consiste en una obra de ingeniería exclusiva para dichos residuos, que garantice su aislamiento definitivo (Hernández et al., 1995). De acuerdo con la sección V del reglamento de la LGPGIR, los confinamientos pueden ser controlados o en formaciones geológicamente estables.

Valorización

La valorización es definida por la LGPGIR como el principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos. Esto mediante su reincorporación a procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

Reciclaje

Reciclaje es la transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final. La valorización se lleva a cabo siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio a la salud y a los ecosistemas.

De acuerdo a los conceptos mencionados anteriormente y a lo publicado por la SEMARNAT (2007), el ciclo de vida de los RP se puede resumir en la figura 2.

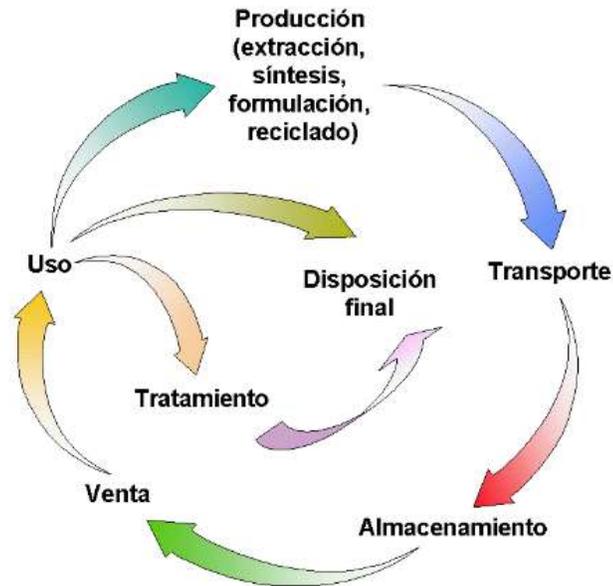


Figura 2. Ciclo de vida de los residuos peligrosos (INECC, 2020b)

Efectos ambientales y de salud generados por los residuos peligrosos

La creciente generación de RP en México y en el mundo se ha presentado típicamente por la expansión económica, el comercio global y el desarrollo de las industrias, lo cual se debe en su mayoría al uso intensivo de productos químicos que son los precursores de este tipo de residuos (De Rosa et al., 2016; Limón-Rodríguez, 2000). Por ello, la presencia de estos residuos se ha convertido en un grave problema ambiental, aunado a las características de peligrosidad que les confieren. Particularmente, las consecuencias ambientales de su generación son de vital atención, ya que en diversos puntos de su manejo pueden presentarse alteraciones a los ecosistemas (PROFEPA, 2010).

Cabe mencionar además, que a nivel mundial se han identificado más de 100 millones de sustancias químicas, de las cuales algunas son nuevas en el rubro de materiales, medicamentos, plaguicidas o como intermediarios en procesos industriales (Tabla 4) SEMARNAT, (2013).

Tabla 4. Sustancias químicas mayormente reportadas a nivel mundial en procesos productivos de acuerdo con la SEMARNAT (2013).

Nombre del inventario o lista de sustancias químicas	Número de sustancias	Número de sustancias coincidentes con el INSQ
Inventario Nacional de Sustancias Químicas (INSQ) ¹	5 816	-
Inventario de Estados Unidos (Inventario TSCA) ²	Aproximadamente 83 000	4 147
Lista de Sustancias Nacionales de Canadá (DSL, por sus siglas en inglés) ³	Aproximadamente 23 000	3 498
Lista de sustancias registradas por la Unión Europea ⁴	5 306	1 297

Notas:
¹ INE, Semarnat. Inventario Nacional de Sustancias Químicas. INSQ.
² Inventario TSCA (EPA, 2012); incluye las sustancias inventariadas hasta 2009.
³ DSL (Environment Canada, 2012); incluye las sustancias inventariadas hasta 2006.
⁴ ECHA (ECHA, 2012); incluye las sustancias registradas hasta junio de 2012.

En primera instancia para que las sustancias puedan causar algún daño, dependen de su grado de toxicidad, el volumen al que se exponga y su persistencia. Es decir, para que causen efectos nocivos deben alcanzar ciertas concentraciones y cierto tiempo de exposición. Igualmente, las sustancias con potencial tóxico deben tener propiedades de alta toxicidad, persistencia ambiental o de bioacumulación (INECC, 2020a).

Es importante mencionar que los efectos que se presenten a causa de la exposición también se deben al tiempo de exposición de los individuos. Por otro lado, la presencia y cantidad de las sustancias introducidas, puede presentar un desequilibrio en los ecosistemas, así como degeneración de los ciclos naturales y que consecuentemente agotan los recursos (INECC, 2020a). Algunos de estos procesos naturales en los que se ve involucrado el transporte de los contaminantes de los RP son: la lixiviación y la bioacumulación.

Bioacumulación y lixiviación

De acuerdo con Zambrano et al., (2012) la bioacumulación es el proceso en el que ciertas sustancias químicas tienden a acumularse en el tejido vivo de los seres vivos con el tiempo, a tal grado en el que la concentración del compuesto en cuestión llega a ser más alta en el organismo vivo que en el ambiente. Por otra parte, en cuanto a la lixiviación, Úbeda-Aura, (2012) lo define como el proceso en el que se desplazan sustancias solubles o dispersables a causa del movimiento de algún disolvente (agua, entre otros); en este sentido, los suelos que presentan lixiviación pueden perder nutrientes o acidificarse.

Impactos en suelo

Goel en 2017 menciona que los lixiviados y los líquidos que se liberan provenientes de los residuos pueden secuestrarse fácilmente en el suelo y al mismo tiempo, pueden causar toxicidad. Esto afecta la productividad de los cultivos y la muerte de la biota presente en él, que se puede dar por la bioacumulación de los contaminantes y su consecuente toxicidad. Esto a su vez repercute en diferentes organismos de la cadena trófica.

Impactos en agua

En este caso, los líquidos provenientes de los RP se pueden lixiviar hacia cuerpos de agua cercanos a donde fueron depositados. En periodos de lluvia propicia a que se percolen hacia los acuíferos y por tanto afectar su calidad y la de la biota presente en ellos. En Japón, grandes cantidades de Cadmio se infiltraron en un río utilizado para consumo de agua potable, aguas debajo de donde se encontraba una mina. Esto afectó los cultivos de arroz cercanos, y resultó en afectaciones a la salud, particularmente en los riñones de la población (Márquez, 2013).

Impactos en aire

Respecto a las afectaciones que provocan los RP en aire, Artunduaga et al., (2015) y Shulman, (2011) mencionan que las empresas manufactureras en sus procesos, emiten contaminantes como dióxido de carbono, sulfuros y óxido de nitrógeno. Estos son compuestos precursores de la destrucción del ozono estratosférico, que propician el calentamiento global, debido a que cuando reaccionan con este último, aumenta la radiación ultravioleta en la superficie del planeta.

Efectos en la salud humana

Los residuos de cualquier índole, pueden representar un peligro para la salud pública, más aún cuando son dispuestos en tiraderos a cielo abierto, debido a que propician la presencia de vectores sanitarios como las moscas, roedores, mosquitos entre otros (Goel, 2017).

Díaz-Barriga, (1996) menciona que el riesgo de peligrosidad de estos residuos hacia la población se puede ver intensificado con el paso del tiempo debido a que algunos contaminantes pueden ser persistentes (como los metales pesados y los plaguicidas). La persistencia aumenta su presencia en el ambiente, lo cual lleva a que la exposición a los humanos aumente de igual manera.

Cabe señalar que se han reportado diversos casos en los que las afectaciones a la salud han trascendido a ser escenarios graves tanto en niños como en adultos (De Rosa et al., 2016). Las afectaciones más comúnmente presentadas por la exposición a RP, Misra y Pandey, (2005) las engloban de la siguiente manera:

- Carcinogénesis (cáncer)
- Mutaciones genéticas y anomalías congénitas
- Anomalías reproductivas en el desarrollo fetal
- Alteraciones inmunológicas
- Desordenes en el sistema nervioso

Situación de los residuos peligrosos (RP) en México

El uso de sustancias o productos químicos es cada vez más común debido a que son la base de fabricación de diversos materiales que utilizamos hoy en día, como los medicamentos, plaguicidas, pinturas, automóviles entre otros. La mayoría de estos productos resultan peligrosos para el ambiente y los seres vivos, de manera que su gestión y manejo adecuado son actividades sumamente importantes para evitar accidentes de índole ambiental y de salud (SEMARNAT, 2016). Particularmente en México, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) tiene la facultad de gestionar los RP de manera articulada con los estados y municipios de conformidad con la legislación mexicana vigente en la materia. A continuación, se presentan los datos referentes a las etapas de la gestión de los RP en México en el período del año 2004 al 2019, reportado por el SNIARN, (2020).

Generación de residuos peligrosos

Generación por categoría de generador

Respecto a la generación, existen diferentes tipos de generadores de RP de acuerdo con lo estipulado en el artículo 5to de la LGPGIR. Los microgeneradores, que son aquellos que generan hasta 400 kg al año. Los pequeños generadores que son quienes generen más de 400 kg, pero menos de 10 toneladas (t) y por último, los grandes generadores son quienes generen 10 t o más de RP al año (figura 3).

Figura 3. Categorías de generador de RP de acuerdo con la LGPGIR, (2003).



Fuente: Tomado de Cortinas-Nava, (2006).

De acuerdo con los datos reportados por el Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales (SNIARN, 2020) y el Diagnóstico Básico de la generación del 2019 publicado por la SEMARNAT, (2020) la generación total de RP en México del periodo del 2004 al 2019 fue de 2,785,041.73 t por las tres categorías de generadores estipuladas en la LGPGIR. De igual forma, en la figura 4 se muestran las cantidades de RP producidos por las tres categorías y la cantidad de empresas pertenecientes a cada categoría de generador. En la figura 4 se puede observar que a pesar de la cantidad de empresas catalogadas como gran generador es menor (8 empresas) es la que más contribuye a la generación de RP (2,636,575 t). Sin embargo, los microgeneradores a pesar de ser mayor en cantidad (75) contribuyen en menor medida a la generación de RP (15,108 t). De modo que, el porcentaje generado de RP por grandes generadores, pequeños generadores y microgeneradores fue de 94.66%, 4.78% y 0.54% respectivamente. Por último, cabe destacar que las entidades federativas que cuentan con mayor número de empresas registradas como generadoras de RP son la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) (20,751), Jalisco (10,431) y Baja California (7,957) para dicho periodo.

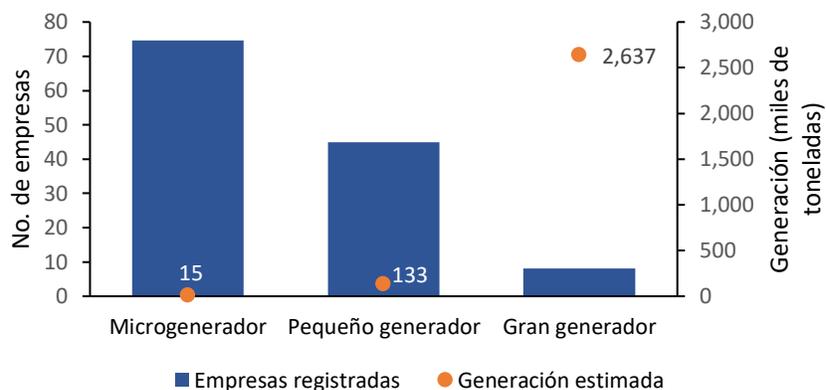


Figura 4. Generación de RP de acuerdo con la categoría de generador y cantidad de empresas registradas ante la SEMARNAT de cada categoría para el periodo 2004-2019, (SNIARN, 2020).

Generación por entidad federativa

En la tabla 5 se muestra la cantidad de RP generados por entidad federativa en el periodo de 2004 a 2019 (SNIARN 2020). Los estados que generaron más de 100 mil toneladas en dicho periodo fueron la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), Nuevo León, Campeche, Tamaulipas y Tabasco, los cuales representaron un total de 1,575,911.24 t, equivalente al 56.58% del total de RP generados en el país. Asimismo, se observa que la ZMVM es la que más contribuye a este rubro debido posiblemente a su condición como megalópolis y por presentar diversos establecimientos de manufactura, comercial y de servicios (Garza, 2020). En contraste, los estados que menos RP generaron fueron Nayarit, Oaxaca y Chiapas con 2,665.57, 3,333.42 y 3,401.09 t, respectivamente.

Tabla 5. Generación de RP según el SNIARN (2020) por entidad federativa en el periodo de 2004-2019.

Entidad federativa	Generación estimada (t)
Aguascalientes	77,225.77
Baja California	41,932.25
Baja California Sur	12,774.63
Campeche	214,707.95
Coahuila	96,852.28
Colima	5,990.57
Chiapas	3,401.09
Chihuahua	370,124.57
Durango	6,629.94
Guanajuato	91,859.99
Guerrero	4,487.91
Hidalgo	28,914.91

Jalisco	72,999.77
México	81,264.21
Michoacán	14,478.44
Morelos	7,553.22
Nayarit	2,665.57
Nuevo León	241,672.88
Oaxaca	3,333.42
Puebla	36,631.27
Querétaro	55,357.57
Quintana Roo	8,627.91
San Luis Potosí	50,625.75
Sinaloa	13,116.77
Sonora	23,154.15
Tabasco	142,567.20
Tamaulipas	179,412.12
Tlaxcala	14,340.49
Veracruz	67,976.24
Yucatán	7,239.74
Zacatecas	9,572.07
ZMVM	797,551.09
Total	2,785,041.73

Fuente: Elaboración propia con datos del SNIARN, (2020).

Generación por sectores industriales

Con respecto a la generación de residuos en el sector industrial, de acuerdo con la base de datos del SNIARN (2020) al final del periodo 2004-2019, 33 sectores se registraron como generadores de RP. Los sectores de: prestadores de servicios que generan RP, química, automotriz y metalurgia fueron los que más contribuyeron a la generación de dichos residuos (tabla 6), que representaron un 33.44%, 11.10%, 11.06% y 10.15% del total generado respectivamente. Adicionalmente, el sector de prestadores de servicios que generan RP, está conformado de diversos giros como lo pueden ser recuperación de materiales, envasado de bebidas alcohólicas, laboratorios de análisis, aeropuertos, almacenes de materiales, maquilados, entre otros (SEMARNAT, 2020). Por el contrario, las industrias que contribuyen en menor cantidad son la vida silvestre, forestal y de asbesto, que representan en conjunto apenas un 0.017% del total de residuos generados en dicho periodo.

Tabla 6. Generación de residuos peligrosos reportada por empresas registradas, según cada sector industrial en el periodo 2004-2019.

Tipo de industria	Generación estimada (t)
-------------------	-------------------------

Acuicultura	423.84
Agrícola	986.24
Alimenticio	81910.4
Artículos y productos de diferentes materiales	44125.68
Artículos y productos de plástico	33601.23
Artículos y productos metálicos	68110.03
Asbesto	226.91
Automotriz	308238.8
Celulosa y papel	12449.95
Cemento y Cal	15638.29
Comunicaciones	5454.96
Congelación, Hielo y Productos	926.84
Construcción	33802.11
Equipos y Artículos electrónicos	88961.04
Explotación de bancos de materiales	579.9
Exploraciones y explotaciones mineras	5629.44
Forestal	224.09
Generación de energía eléctrica	17367.2
Madera y productos	5496.22
Marítimo	1801.56
Metalúrgica	282740.03
Mínero	3738.27
Petróleo y petroquímica	158987.99
Pinturas y tintas	63932.15
Prendas y artículos de vestir	17234.39
Química	309304.85
Servicios mercantiles que generan residuos peligrosos	172999.59
Servicios en Manejo de Residuos Peligrosos	87335.81
Prestadores de servicios que generan residuos peligrosos	931517.73
Siderúrgica	11742.02
Textil	10639.98
Vida silvestre	38.91
Vidrio	8,875.29
Total	2,785,041.73

Fuente: Elaboración propia con base en la información reportada por el SNIARN (2020).

Generación estimada por categoría y subcategoría de residuos

De manera similar, en la figura 5 podemos observar las diferentes categorías en las que se dividen los RP que se generaron en México en el periodo de 2004 a 2019 reportados por el SNIARN (2020). La categoría que más resalta es la de residuos sólidos impregnados con RP, seguida por los aceites gastados, otros y lodos, que representaron el 40.88, 19.65, 9.96 y 8.64 (%) respectivamente del total generado hasta el 2019 (2,785,042.01 t). Cabe mencionar que la categoría de residuos sólidos impregnados de RP incluye telas, pieles, residuos de mantenimiento automotriz, metales pesados, entre otros. Por otro lado, la categoría que menos contribuye a la generación de RP son las breas, que representaron apenas un 0.021% del total reportado.

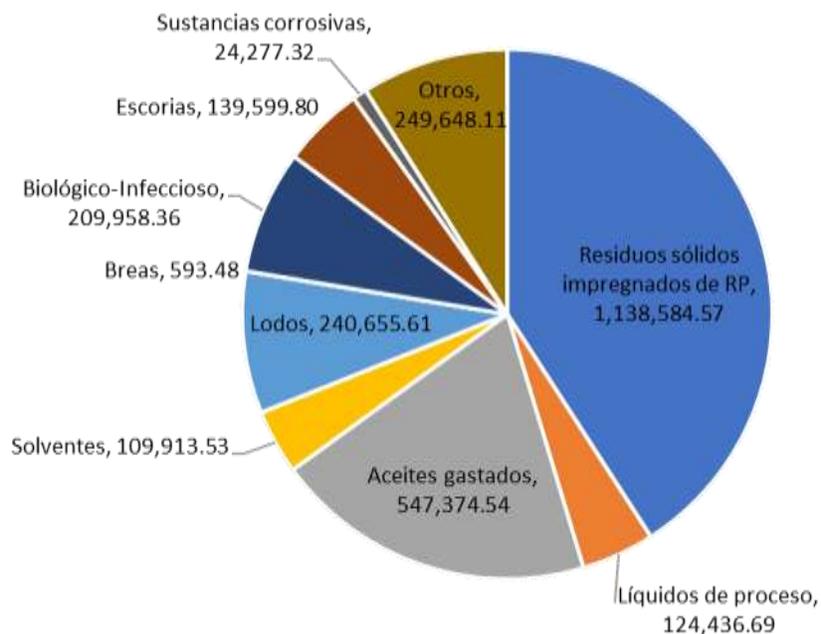


Figura 5. Generación estimada de residuos peligrosos por categoría de residuos en el periodo 2004-2019 (SNIARN, 2020).

Todas las subcategorías dentro de las categorías de los RP se presentan en la tabla 7. En esta tabla se muestra que la subcategoría de otros sólidos no especificados es el principal tipo de RP generado, seguido por los lubricantes que provienen principalmente del mantenimiento y reparación de maquinaria y equipos de otros giros industriales (SEMARNAT, 2020). Por último, los “otros residuos no especificados” son los que más se generan después de los mencionados anteriormente. Además, los RP que menor se generan son otras breas y templado de metales para las categorías de aceites gastados y lodos, con una generación de 292.11, 335.48 y 777.24 t respectivamente.

Tabla 7. Generación estimada de residuos peligrosos por categoría y subcategoría (2004-2019).

Categoría	Subcategoría	Toneladas
Residuos sólidos	Telas, pieles o asbesto	125,120.68
	Mantenimiento automotriz	133,452.42
	Metales pesados	92,296.19
	Tortas de filtrado	3,093.79
	Otros sólidos	784,621.49
Líquidos de proceso	Corrosivos	23,216.22
	No corrosivos	101,220.47
Aceites gastados	Dieléctricos	94,266.60
	Lubricantes	299,088.17
	Hidráulicos	39,346.88
	Solubles	15,804.86
	Templado de metales	335.48
	Otros aceites	98,532.55
Solventes	Orgánicos	108,887.76
	Organoclorados	1,025.77
Lodos	Aceitosos	49,161.07
	Galvanoplastia	10,442.37
	Proceso de pinturas	47,245.35
	Templado de metales	777.24
	Tratamiento de aguas de proceso	35,147.89
	Tratamiento de aguas negras	11,808.93
	Otros lodos	86,072.76
Breas	Catalíticas	114.52
	De destilación	186.85
	Otras breas	292.11
Biológico Infeccioso	Cultivos y cepas	6,299.39
	Objetos punzocortantes	27,772.95
	Patológicos	39,073.59
	Anatómicos	117,078.50
	Sangre	19,733.93
Escorias	Finas	61,844.75
	Granulares	77,755.05
Sustancias corrosivas	Ácidos	16,441.94
	Álcalis	7,835.38
Otros	Otros residuos	249,648.11
Total		2,785,041.73

Fuente: Elaboración propia con base en la información reportada por el SNIARN (2020).

Manejo de residuos peligrosos

Particularmente, el manejo de los RP debe realizarse en forma segura desde el sitio donde se generan hasta las instalaciones donde serán manejados o confinados, debido a los riesgos para el ser humano y el ambiente. Por esto, el propósito del manejo adecuado de dichos residuos también es recuperarlos para ser utilizados nuevamente (reciclaje y reutilización) y para reducir su peligrosidad mediante su neutralización, incineración y/o confinamiento (SEMARNAT, 2019). Por otro lado, quien se encarga de la vigilancia del cumplimiento del manejo adecuado de los RP es la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Cabe señalar que el manejo de los RP consta de diferentes fases, que con base en el artículo 50 de la LGPGIR son i) la recolección y transporte de RP, ii) El almacenamiento y acopio, iii) reciclado, iv) co-procesamiento, v) tratamiento, vi) incineración, vii) confinamiento y viii) aprovechamiento y reutilización. Estas fases se realizan en diferente orden según sea el caso para los diferentes estados y tipo de residuos. Algunas de dichas fases se presentan en la figura 6 de acuerdo con la información disponible en el SNIARN (2020).



Figura 6. Diferentes fases del manejo de residuos peligrosos.
Fuente: Elaboración propia con base en la LGPGIR (2003).

Por otra parte, en la tabla 8 se muestra el resumen de las modalidades de manejo de los RP, desde la recolección y transporte hasta el confinamiento en los años 2018 y 2019 (SNIARN, 2020). Se muestra que el número de plantas registradas en todas las modalidades de manejo se redujo para el año 2019, siendo notable en el rubro de almacenamiento y acopio con 16 plantas

menos respecto al año anterior. Por otra parte, el rubro que cuenta con mayor número de plantas (76) es el de recolección y transporte. Sin embargo, la mayor capacidad instalada se presenta en el rubro de tratamiento con 3,378,591 t de capacidad instalada en el año 2019, en el que se puede notar un aumento respecto al año anterior. De igual manera, es necesario destacar que, en estos años para la incineración y el confinamiento, no se registró ninguna planta ante la SEMARNAT. A continuación, se describirá la situación actual para cada modalidad de manejo. Recolección y transporte, Almacenamiento y Acopio, Reciclaje y Tratamiento.

Tabla 8. Modalidades de manejo de RP con su respectivo número de plantas y capacidad instalada, para el año 2018 y 2019.

Modalidad de manejo	2018		2019	
	No. Plantas	C.I. (t)	No. Plantas	C.I. (t)
R y T	77	8,746	76	9,192
A y Acopio	32	74,652	16	2,020
Reutilización	0	0	0	0
Reciclaje	15	2,004,653	9	100,404
Tratamiento	13	1,837,129	9	3,378,591
Incineración	0	0	0	0
Confinamiento	0	0	0	0

R y T: Recolección y Transporte, A y Acopio: Almacenamiento y acopio, C.I.: Capacidad Instalada. Fuente: SNIARN, (2020).

Recolección y transporte

En la tabla 9 se presentan las 76 plantas autorizadas por SEMARNAT para la recolección y transporte de RP. En dicha tabla se muestran las entidades federativas con mayor capacidad instalada, que son Nuevo León y Coahuila con un total de 7,685 toneladas, equivalente al 83.58% del total de la capacidad reportada para toda la república para el periodo del 2004-2019 (SNIARN, 2020).

Tabla 9. Cantidad de plantas y estados autorizados a nivel nacional para la recolección y transporte de residuos peligrosos.

Estado	No. Plantas	Capacidad (t/año)
Coahuila	5	1,334
CDMX	7	97
Durango	1	14
Guanajuato	3	355
Guerrero	1	2
México	14	283
Nuevo León	30	6,351

Puebla	4	16
Querétaro	1	5
San Luis Potosí	4	523
Tabasco	6	214
Total	76	9,194

Fuente: Elaboración propia con base en la información reportada por el SNIARN (2020).

Almacenamiento y acopio

Después de la recolección y transporte de residuos, se presenta el almacenamiento y acopio de éstos, que de acuerdo con el SNIARN (2020) en el año 2019 se contabilizaron 16 entidades federativas autorizadas para el almacenamiento y acopio de RP (tabla 10). En el que destacan los estados de Coahuila, CDMX y Querétaro, acumulando el 73% (1,488 t/año) de la capacidad disponible para el almacenamiento y acopio de RP en el territorio mexicano.

Tabla 10. Almacenamiento y acopio de residuos peligrosos por entidad federativa y plantas autorizadas con sus respectivas capacidades (2004-2019).

Estado	No. Plantas	Capacidad (t/año)
Coahuila	3	599
CDMX	1	454
Guanajuato	3	78
México	1	23
Nuevo León	4	218
Querétaro	1	435
San Luis Potosí	1	7
Tabasco	1	200
Durango	1	6
Total	16	2,020

Fuente: Elaboración propia con base en la información reportada por el SNIARN (2020).

Reciclaje de residuos peligrosos

En el caso del reciclaje de los RP, en el periodo más reciente del 2019, el SNIARN (2020) reportó la presencia de únicamente 9 plantas autorizadas en el territorio mexicano para el reciclaje de dichos residuos (tabla 11) y en su conjunto reciclan 100,404 t/año. Cabe destacar que los estados que representan la mayor capacidad de reciclaje son México, Jalisco y Querétaro, con el 81.50% de la capacidad total disponible.

Tabla 11. Reciclaje de residuos peligrosos por entidad federativa y plantas autorizadas (2004-2019).

Estado	No. Plantas	Capacidad (t/año)
Baja California	NR	9,949
Baja California Sur	1	1,773
Chihuahua	1	4,762
CDMX	1	720
Jalisco	1	24,000
México	4	44,353
Nuevo León	NR	1,368
Querétaro	1	13,478
Total	9	100,404

Fuente: Elaboración propia con base en la información reportada por el SNIARN (2020).

Tratamiento

A nivel nacional, en el periodo 2004-2019 el SNIARN (2020) reportó que sólo 6 entidades federativas tienen la capacidad instalada para el tratamiento de RP. Es importante resaltar que, de acuerdo con lo reportado, como se ve en la tabla 12, el estado de Aguascalientes y San Luis Potosí cuentan con el 98.18% de la capacidad total instalada para el tratamiento de RP en el territorio mexicano.

Tabla 12. Plantas autorizadas para el tratamiento de residuos peligrosos por entidad federativa con su respectiva capacidad instalada (2004-2019).

Estado	No. Plantas	Capacidad (t/año)
Aguascalientes	2	3,156,898
Baja California	1	360
Chihuahua	1	51,840
Guanajuato	1	6,720
Jalisco	1	2,434

San Luis Potosí	3	160,339
Total	9	3,378,591

Fuente: Elaboración propia con base en la información reportada por el SNIARN (2020).

Planes de manejo de RP registrados en México

En la tabla 13 se presenta la cantidad de empresas registradas con planes de manejo en el periodo del 2015 al 2019. En el año 2016 más empresas registraron planes de manejo de RP, con 38 empresas y 38 planes de manejo. Por otra parte, en el año 2017 hubo menor cantidad de planes de manejo registrados (5). Recientemente (2019) se registraron 22 empresas con 23 planes de manejo.

Tabla 13: Planes de manejo registros en México para el periodo 2015-2019.

Año	Empresas	Planes de manejo
2015	21	21
2016	38	38
2017	5	5
2018	8	9
2019	22	23

Fuente: SNIARN, (2020).

Legislación en materia de residuos peligrosos

Situación Internacional: Tratados internacionales en materia de RP

A nivel mundial se han establecido diferentes convenios y/o tratados en materia ambiental con el fin de conservar los ecosistemas y la salud humana. Existen convenios internacionales coordinados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en los que mayormente participan países que conforman la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). México ha firmado y adaptado diferentes convenios a su marco legal con el fin de que sean aplicables en el territorio mexicano. A continuación, se presentan algunos tratados sobre RP en los que participa México (PAOT, 2020; INECC, 2020c).

- Programa de Montevideo para el desarrollo y examen periódico del derecho ambiental, que plantea la necesidad de abordar jurídicamente el manejo y disposición de residuos peligrosos. 1981
- Protocolo de Montreal sobre las sustancias y desechos que agotan la capa de Ozono. 1987

- Convenio de Rotterdam sobre consentimiento fundamentado previo para ciertos productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional. Rotterdam, Países Bajos, 1988.
- Convenio de Basilea sobre el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación. Basilea, Suiza, 1989. Vinculación de México, 1991.
- Agenda XXI, en su capítulo 20 plantea la gestión ecológicamente racional de residuos peligrosos. Cumbre de 1992
- Protocolo de Kioto, que tiene como base reducir las emisiones de sustancias químicas peligrosas que contribuyen a los GEI, para mitigar el cambio climático. 1997
- Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. 2004.
- Enfoque estratégico para el manejo internacional de sustancias químicas (SAICM). 2006

Situación Nacional

En México, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es el documento principal en el marco legal mexicano, donde se plasman los principios y objetivos que han de regir al país. La constitución cuenta con diferentes artículos en materia ambiental, los cuales son los siguientes:

- **Artículo 4:** todas las personas tienen derecho a vivir en un ambiente sano para su desarrollo y bienestar.
- **Artículo 25:** Garantizar que exista un desarrollo sustentable y económico, que permita el ejercicio de la libertad y la dignidad de la población.
- **Artículo 27:** Aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, en balance para restaurar el equilibrio ecológico y lograr un desarrollo integral y sustentable.
- **Artículo 73:** El gobierno federal, así como los gobiernos estatales y municipales pueden expedir leyes para contribuir a la protección y preservación del ambiente.
- **Artículo 115:** Los municipios están a cargo de servicios públicos como limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos. Cabe destacar que este artículo no hace mención del tipo de residuo del que se encargan.

Ahora bien, respecto a las leyes mexicanas en materia de residuos peligrosos, en 1988 se promulgó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). En

dicha ley se estipularon diversos artículos en torno a los residuos que han sufrido diferentes reformas, la última en el año 2018. Particularmente esta ley, en primera instancia establece las facultades de la federación, estados y municipios sobre los residuos peligrosos y no peligrosos. De igual forma, menciona la facultad de la federación para regular y controlar la generación, manejo y disposición final de RP. Por último, establece las regulaciones para prevenir y reducir la generación de RP, así también las responsabilidades para mitigar los posibles efectos que tuvieran en el ambiente. Cabe mencionar que, en 1988 se promulgó el reglamento de la LGEEPA en materia de RP, el cual establece disposiciones generales para su manejo, generación, importación, exportación y medidas de seguridad.

Por otra parte, en el año 2003 se promulgó la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, cabe destacar que esta ley sustituyó a lo previamente establecido por la LGEEPA y su reglamento en materia de residuos, hasta la actualidad.

Primeramente, la LGPGIR menciona como objetivo, el procurar el desarrollo de la vida en un ambiente sano y sustentable mediante la gestión integral adecuada de los residuos, los cuales clasifica como sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos.

De la misma forma, la LGPGIR cuenta con un título (Título Quinto) específico para el manejo integral de los RP, estando éste conformado por diferentes artículos. Algunos de ellos se mencionan a continuación (tabla 14).

Tabla 14. Artículos en materia de RP presentes en el título quinto de la LGPGIR.

Artículo	Especificación
41	Los generadores de RP deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada
44	Los generadores de RP tendrán las categorías de i) Gran Generador, ii) Pequeño Generador y iii) Microgenerador
45	Los generadores de RP deben identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y su reglamento
46, 47 y 48	Los grandes generadores de RP están obligados a registrarse ante la Secretaría y someter a su consideración un plan de manejo de RP, así como llover una bitácora y presentar un informe anual acerca de la generación y manejo. Los pequeños generadores deberán registrarse en la Secretaría y contar con una bitácora en la que llevarán el registro del volumen anual de su generación y manejo. Los microgeneradores se registrarán ante las autoridades competentes

	de los gobiernos de las entidades federativas y sujetarán a plan de manejo los RP que establezcan para tal fin.
50	Se requiere autorización de la secretaría para: prestar servicios de manejo, acopio y almacenamiento, incineración, transporte, transferencia, confinamiento de RP.
54	Se debe evitar la mezcla de RP con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones que pudieran afectar la salud o al ambiente.

Fuente: Elaboración propia con base en la LGPGIR, (2003).

Cabe mencionar que la LGPGIR cuenta con su Reglamento, promulgado el año 2006 y reformado en 2014, en el que establece cómo llevar a cabo lo dispuesto en la Ley antes mencionada. Cuenta con el Título cuarto, en el que se encuentra el capítulo I y II referente a la identificación de RP y las categorías de generador de RP, respectivamente. En la tabla 15 se muestran extractos de algunos artículos presentes en dicho reglamento.

Tabla 15. Artículos en materia de RP presentes en el título cuarto del reglamento de la LGPGIR.

Artículo	Especificación
35, 36 y 37	Los RP se identificarán de acuerdo con los clasificados en las normas oficiales mexicanas (NOM), mediante los listados de residuos por características de peligrosidad y criterios que representen un riesgo al ambiente, también las NOM que especifiquen como caracterizar a un RP y los que los generadores consideren como RP basado en su conocimiento empírico.
42	Los generadores de RP son gran generador, pequeño generador y microgenerador.
44	La categoría de los generadores de RP se modificará cuando exista reducción o incremento en las cantidades generadas.
46	Los grandes y pequeños generadores de RP deberán identificar y clasificar los RP que generen.
47	Los grandes generadores de RP someterán a la Secretaría un plan de manejo de residuos conforme al procedimiento presente en el Reglamento.

Fuente: Elaboración propia con base en el reglamento de la LGPGIR, (2006).

Normatividad en materia de residuos peligrosos

Las bases legales de los residuos peligrosos no sólo están reflejadas en las leyes antes mencionadas, sino que también, se complementan con las normas oficiales mexicanas (NOM's) (Cortinas-Nava, 2007), algunas de ellas se muestran a continuación:

NOM-052-SEMARNAT-2005

Esta norma establece las características y los procedimientos para identificar y clasificar si un residuo se considera como peligroso, así también incluye los listados de aquellos residuos que se consideran peligrosos por contar con alguna característica CRETIB. A través de esta norma se busca coadyuvar a un manejo adecuado de los RP, debido a las amenazas que pueden representar para los ecosistemas y para la salud de las poblaciones, mediante la identificación de la peligrosidad de los residuos.

Los listados de los residuos que se consideran peligrosos se dividen en las siguientes categorías, de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-20005, (SEMARNAT, 2005):

- Listado 1: Clasificación de residuos por fuente específica
- Listado 2: Clasificación de residuos peligrosos por fuente no específica
- Listado 3: Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificaciones o caducos (tóxicos agudos)
- Listado 4: Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificaciones o caducos (tóxicos crónicos)
- Listado 5: Clasificación por tipo de residuos, sujetos a condiciones particulares de manejo.

NOM-054-SEMARNAT-1993

Esta norma establece los procedimientos a realizar para poder determinar la incompatibilidad de uno o de varios tipos de residuos peligrosos (al combinarse). Las normas NOM 052 y 054 en conjunto, establecen las pautas para identificar RP. Enseguida se describe el procedimiento, con base en la NOM-054-SEMARNAT-1993 (SEMARNAT, 1993).

- Primero se identifica si los residuos peligrosos a someter al procedimiento se encuentran dentro de alguno de los grupos reactivos del anexo uno de esta norma.
- Posteriormente a la identificación, utilizando la tabla “B” de incompatibilidad que se encuentra en el anexo 2 de esta norma, se intersecan los grupos a los que pertenezcan los residuos.
- Después, si en el resultado de las intersecciones se llegara a obtener alguna reacción prevista en el código de reactividad (anexo 3), se considera que los residuos no son compatibles.

Por otro lado, para determinar la compatibilidad o incompatibilidad entre dos o más RP que estén presentes en el listado del numeral 5.2 de la NOM-052-SEMARNAT-2005, se realizará lo siguiente:

- En primera instancia se identificarán los RP dentro de los grupos reactivos presentes en el anexo 4 de esta norma.
- Posterior a la identificación, basándose en la tabla “A” de incompatibilidad del anexo 5 de esta norma, intersecar los grupos a los que pertenezcan los residuos.
- Si en el resultado de las intersecciones, obtiene alguna de las reacciones presentes en el código de reactividad del anexo 3 de esta norma, se considera que los residuos no son compatibles.

Situación estatal

Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos

En materia de RP, la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos (LRSEM) menciona en su artículo 5to que, los convenios existentes entre la federación, el gobierno del estado y los municipios, para autorizar y controlar los RP generados por microgeneradores será de observancia las disposiciones establecidas en la LGPGIR y los ordenamientos jurídicos aplicables.

Por otra parte, en el capítulo III de dicha ley, en su 11avo artículo establece que la secretaría puede realizar convenios con la federación y a su vez con los municipios para asumir facultades en materia de RP, las cuales son las siguientes:

- I. Autorizar y llevar a cabo el control de los RP que se generen o que sean manejen los microgeneradores.
- II. Autorizar y controlar las actividades de los microgeneradores de RP de conformidad con las normas oficiales mexicanas que correspondan.
- III. Establecer y actualizar los registros que correspondan en los casos expuesto anteriormente e imponer sanciones que sean aplicables.

Adicionalmente, el artículo 44 de esta ley, establece que la secretaría está facultada para solicitar a la autoridad federal competente la información que exista sobre el manejo y transporte de RP en el territorio del estado de Morelos.

Además, en el título tercero en su artículo 93, establece que la secretaría y los ayuntamientos en el ámbito de su competencia, pueden realizar actos de inspección y vigilancia, ajustando su actuación en materia de RP de acuerdo con lo dispuesto en los convenios que para tal efecto suscriba y en su defecto en la ley general de residuos. De igual forma, en el título mencionado anteriormente, en su artículo 97, menciona que constituyen infracciones la actividad de mezclar residuos sólidos urbanos y de manejo especial con RP (Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos, 2007).

Manejo de residuos peligrosos en instituciones de educación superior

Como se mencionó anteriormente, la generación de RP no se restringe al sector industrial o productivo, sino que estas condiciones también se dan en lugares donde se llevan a cabo actividades de investigación y docencia, como en el caso de las instituciones de educación superior. Se han realizado diversos estudios en México y en el mundo con el fin de identificar la situación que impera en torno al manejo de los RP en diferentes centros de investigación y que, con base en ello, han propuesto diversas estrategias que conformen un plan de manejo para los RP que se generen en tales recintos, algunos de estos estudios se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Planes de manejo de residuos peligrosos en centros de investigación a nivel internacional y nacional.

Ciudad, País	Centro de Investigación / Unidad Académica	Tipo de RP	Categoría de generador	Plan de manejo	FC / FA	Hallazgos (Medidas Implementadas)	Autor
Madrid, España	Laboratorios de docencia e investigación	Biológicos Químicos Punzocortantes Radiactivos	NR	Generación, almacenamiento, tratamiento y disposición final	NR - 2017	Reducción de la generación de residuos sustitución de productos peligrosos Ensayos de compatibilidad Envasado de RP en recipientes Etiquetado y uso de inventarios Separación por tipo de RP y confinamiento	Universidad Autónoma de Madrid, (2017)
Wollongong, Australia	Laboratorios de docencia e investigación en materia ambiental	Químicos Citotóxicos Biológicos, punzocortantes Radiactivo Gas comprimido	NR	Generación, almacenamiento, tratamiento y disposición final	2012-2018	Segregación de los residuos Separación por tipo de RP Uso de envases especiales Pruebas de compatibilidad de los RP Esterilización de residuos biológicos, Reciclaje de contenedores de gas Bitácoras de inventario	University of Wollongong Australia, (2018)
Ottawa, Canadá	Facultad de ciencias	RP líquidos y sólidos	NR	Almacenamiento, y acopio	NR - 2014	Recipientes y etiquetado de RP Compatibilidad, horarios de recogida Clasificación de RP Designación de responsabilidades	University of Ottawa, (2014)

Maine, Estados Unidos	Ciencias médicas, artes, biología, química, fotografía y tecnología	Radiactivos Inflamables Corrosivos Tóxicos y reactivos	Pequeño generador (EPA, 2020)	Generación y almacenamiento	1990 - 2018	Identificación de tipo de RP Características del sitio de almacenamiento y de recogida, Capacitación y uso de equipos de protección personal Inspecciones del sitio de almacenamiento	University of Southern Maine, (2018)
Córdoba, Colombia	Medicina Veterinaria Zootecnia Bioprocesos Fisicoquímica Ingeniería Alimentos	Biológico-infeccioso Punzocortante Químico Agroquímico Pilas Lodos Fluorescentes	NR	Generación, almacenamiento y acopio, transporte, tratamiento y disposición final	NR - 2020	Implementación de sustitución de reactivos Trabajo en microescala, rotulado y etiquetado de envases Recipientes diferenciados, rutas y horarios mejorados para la recolección de los RP Requerimientos para almacenamiento, capacitación y sensibilización Alternativas de reciclaje y reuso Requerimientos para el tratamiento y disposición final externos Plan de contingencia	Salazar-Sotelo, (2020)
Guanajuato, México	Laboratorio de operaciones unitarias	Sustancias químicas Biológico-infecciosos	NR	Generación, almacenamiento y acondicionamiento	2015	Clasificación por tipo de RP Capacitación de personal Uso de equipo de protección personal Minimización por reuso, reciclaje y neutralización de sustancias químicas	Batta-Velázquez y Olmedo-González, (2015)
Morelos, México	Escuela de técnicos laboratoristas de la UAEM	Sustancias químicas Biológico-infecciosos	NR	Generación, almacenamiento, recolección y transporte	2018	Envasado y etiquetado por tipo de RP Registro de envío y tratamiento de RP en bitácoras, diferenciación por tipo de RP en almacén temporal, medidas de seguridad e higiene, horarios de recolección	Ortelli-Jiménez, (2018)
Morelos, México	Laboratorios del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias	Etanol y tolueno Acetona y metanol Cloruro de amonio Hidróxido de sodio Ácido clorhídrico Óxido de cromo III	Pequeño generador (LGPGIR, 2003)	Generación y almacenamiento	2020	Uso de equipo de protección personal, Requisitos de almacenamiento en laboratorios y en almacén temporal Condiciones de higiene y seguridad en sitios de almacenamiento Identificación de tipo de RP	San Cristóbal-Domínguez, (2020)

NR: No reportado. FC: Fecha de creación. FA: Fecha de actualización.

Fuente: Elaboración propia con base en los artículos citados en la tabla.

La UAEM en materia de residuos peligrosos

La UAEM, en su calidad de institución de estudios superiores es común que realice diversas actividades que tienen como resultado impactos ambientales. Alguno de ellos son generar residuos sólidos (urbanos, especiales y peligrosos), aguas residuales, consumir energía eléctrica, agua, productos derivados del petróleo y realizar actividades que generan gases de efecto invernadero.

En este sentido, por su compromiso con el ambiente, el 5 de diciembre de 2002, se creó el Programa de Gestión Ambiental Universitario (PROGAU) con la finalidad de establecer estrategias y líneas de acción para mejorar la calidad ambiental de la UAEM (Manual Ambiental, 2020). Tiempo después, mediante el PROGAU se impulsó un instrumento documental que tiene como fin proporcionar conocimientos y formas de actuar en la comunidad universitaria, para el uso y manejo adecuado de los recursos naturales que permita alcanzar un desempeño ambiental óptimo en el campus, mediante la inclusión de perspectivas ambientales en las actividades que se realizan. Este documento se nombró Manual Verde Universitario, el cual fue aprobado por el H. Consejo Universitario el 5 de noviembre del año 2013 (Ortíz-Hernández et al., 2013).

Seguido de la creación del Manual Verde Universitario, la UAEM en junio del año 2016 puso en marcha un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), llamado Manual Ambiental (Manual Ambiental, 2020) del cual se hablará más adelante. Posteriormente, en el año 2017 se transfirió el PROGAU a la Coordinación de la Planeación y Desarrollo de la UAEM y en el año 2018 el PROGAU se convirtió en la Dirección General de Desarrollo Sustentable.

Manual Verde Universitario

La UAEM, a través del Manual Verde Universitario plantea la aplicación de la legislación vigente en materia ambiental en conjunto con lineamientos internos de la UAEM (campañas de sensibilización, separación de residuos, prevención e instauración de tratamientos de diferentes corrientes de residuos) para lograr una gestión integral de residuos.

En el caso específico de los RP, el manual menciona que mediante el PROGAU se coordina la gestión de los RP generados en el campus. De igual manera, cuenta con un esquema de organización que identifica las responsabilidades de los involucrados en la gestión de los RP (figura 7).

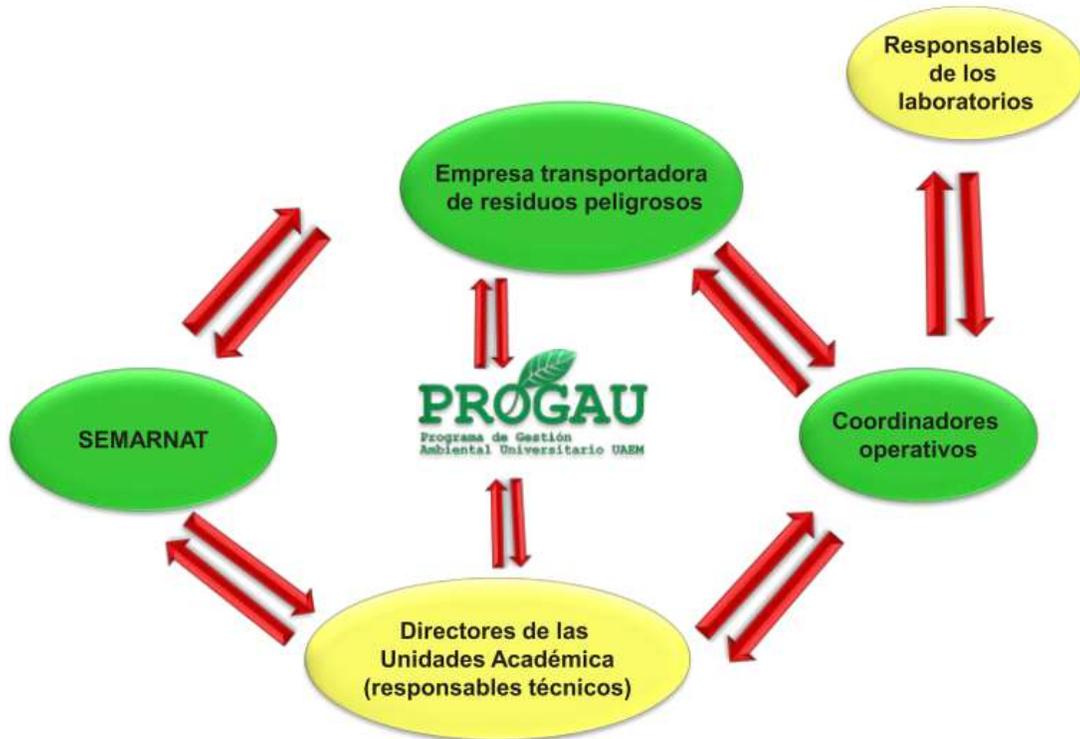


Figura 7. Organización interna de la UAEM para el manejo los RP que se generen en el campus. Fuente: tomado de Ortiz-Hernández et al., 2013

Hay que mencionar, además, que este manual esquematiza y especifica de manera general las etapas del manejo de los RP dentro de la UAEM, esto se muestra a continuación en las figuras 8 y 9.

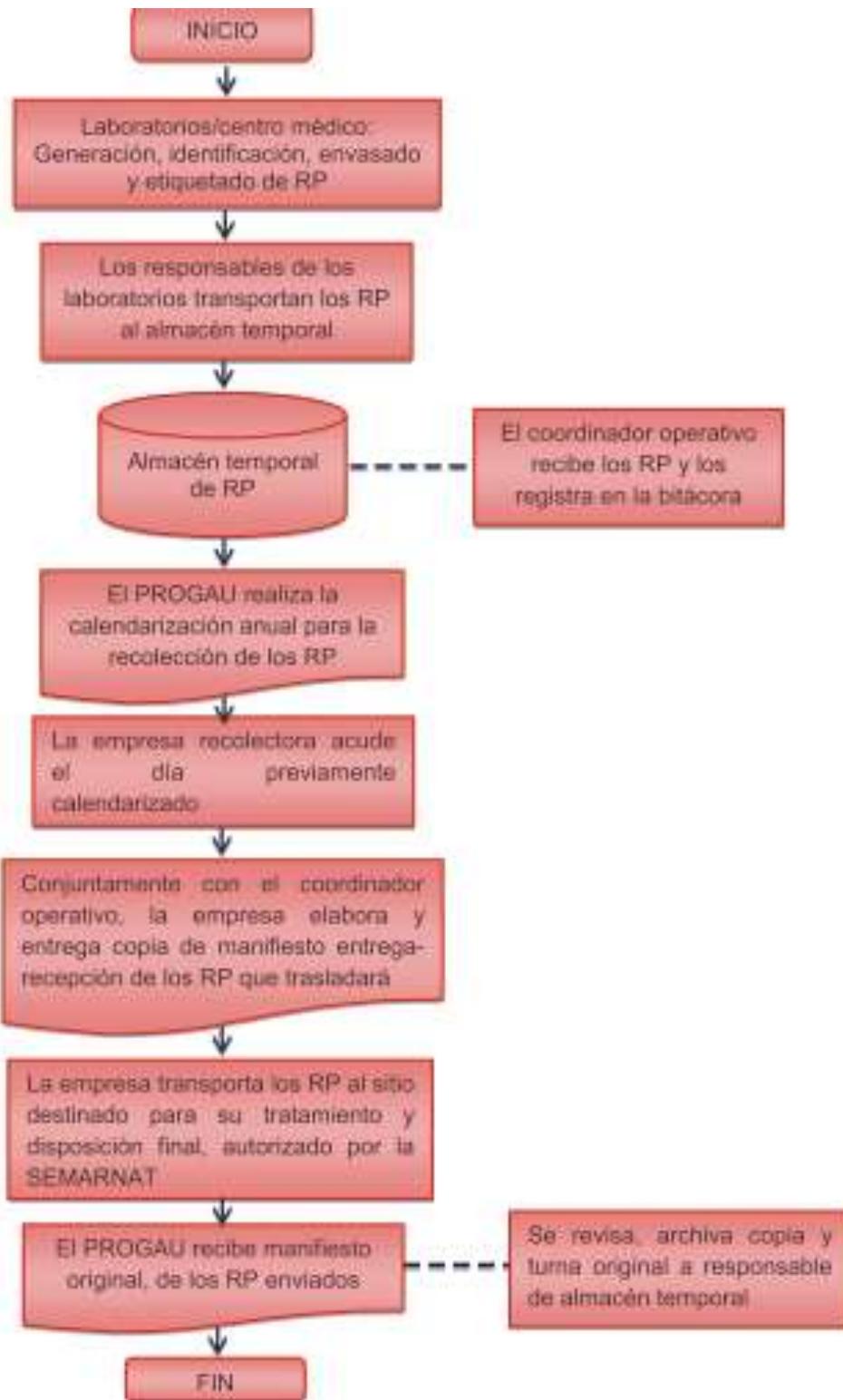


Figura 8. Diagrama de flujo de las fases a las que se ven sujetos los RP que se generan dentro de la UAEM. Fuente: tomado de Ortiz-Hernández et al., 2013.

ETAPAS	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
Identificación, envasado, etiquetado y traslado de RP; registro de bitácora interna	Identificar, envasar y etiquetar los RP. Traslado al almacén temporal de RP. Registro de bitácora de almacén temporal de RP.	Unidades generadoras de RP
Recepción de residuos en almacén temporal	Recibir los RP, de las áreas generadoras; anotar en la bitácora del almacén temporal la cantidad, fecha y nombre de la persona responsable de la entrega; embalar residuos en contenedores hasta el 80% de su capacidad.	Coordinador operativo responsable del almacén temporal de residuos
Solicitud de recolección de residuos a empresa recolectora	Se avisará a los responsables del almacén temporal, con dos semanas de anticipación, la fecha de recolección de RP.	Coordinación del PROGAU
Recolección de residuos en almacenes temporales	Acudir el día indicado en calendario elaborado previamente. Elaborar y entregar copia de manifiesto de los residuos que traslada al responsable del almacén temporal de residuos.	Empresa recolectora de residuos peligrosos
Coordina acopio	Aplicar la logística en la ruta de acopio de residuos; corroborar que todo se lleve a cabo con base en el procedimiento.	Coordinación del PROGAU
Envío de residuos	Enviar los residuos a tratamiento y disposición final con la empresa autorizada por la SEMARNAT y, posteriormente, enviar manifiestos originales al PROGAU.	Empresa tratadora y de disposición final
Recepción de manifiesto original, revisión y entrega de original	Recibir manifiesto original, revisar, archivar copia y tomar original a responsable de almacén temporal de residuos peligrosos para su archivo.	Coordinación del PROGAU

Figura 9. Manejo de los RP en la UAEM (procedimientos y especificaciones). Fuente: Tomado de Ortiz-Hernández et al., 2013.

Manual Ambiental

En el año 2016 la UAEM presentó el Manual Ambiental, que comprende su Sistema de Gestión Ambiental (SGA). Dicho manual describe los procesos para lograr los objetivos en materia ambiental establecidos por la universidad misma, esto con base en la norma internacional ISO 14001:2015. Como dato adicional, el SGA se continúa implementando, aunque actualmente no cuenta con la certificación. Particularmente, en el rubro de residuos, el SGA tiene como objetivo el manejo integral de éstos, desde la generación hasta su disposición final tomando en consideración su ciclo de vida. Asimismo, tiene como base legal la legislación ambiental vigente y lo previamente establecido en el manual verde universitario (UAEM, 2016a).

Para el caso específico de los RP, el SGA en su documento con código P-SGA-008 establece el procedimiento para el manejo de los RP y las responsabilidades de los que se ven envueltos en su gestión. En este proceso se involucra la unidad generadora, los laboratorios de las unidades académicas, coordinadores operativos y la empresa encargada de recolectar los RP. Lo mencionado anteriormente se muestra en la figura 10.

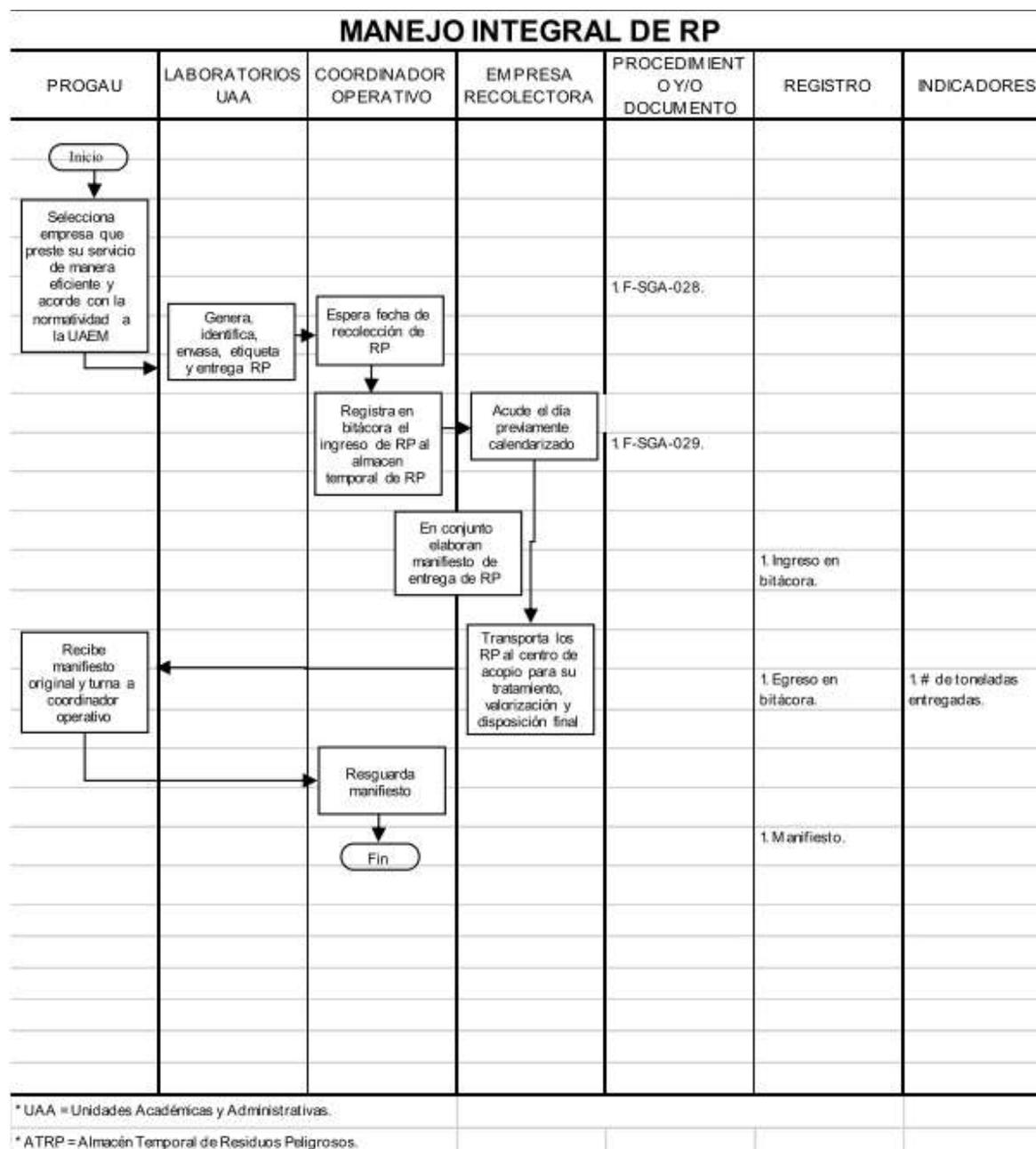


Figura 10. Procedimiento para el manejo de los residuos peligrosos conforme a lo establecido en el manual ambiental del sistema de gestión ambiental. Fuente: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 2016.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La mayoría de las instituciones de educación superior cuentan con laboratorios que generan residuos peligrosos (RP) provenientes de las actividades de investigaciones de posgrado y/o como servicios a terceros. Los RP son aquellos que cuentan con características CRETIB y los envases o embalajes impregnados con residuos de esta índole, de modo que los RP deben ser tratados de manera particular.

Como parte de las instalaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) se encuentra el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP), donde se llevan a cabo investigaciones que generan RP de las áreas de materiales, mecánica, química, eléctrica, entre otras. Actualmente la UAEM cuenta con un manual ambiental y un manual verde universitario en el que se realiza una descripción general sobre el manejo de los RP en la universidad. Sin embargo, no se cuenta con un plan de manejo particular para el CIICAP. De igual forma, tampoco existen estudios que describan la situación actual sobre el manejo de los RP en dicho centro de investigación. Este tipo de residuos representan un riesgo no sólo para los miembros del CIICAP sino también para los trabajadores de la UAEM y para los encargados de la recolección y separación de dichos residuos en los depósitos finales o tiraderos, ya que su manejo inadecuado puede provocar lesiones, infecciones, intoxicaciones y enfermedades. Además, las consecuencias de un inadecuado manejo pueden derivar en problemáticas ambientales como la lixiviación de sustancias peligrosas a los cuerpos de agua y el secuestro de componentes nocivos en el suelo. En este sentido resulta necesario implementar un plan de manejo de RP específico para el CIICAP que cumpla con las medidas necesarias para su manejo. Para ello, se solicitará información al CIICAP sobre la gestión de sus RP de los últimos cinco años, desde la generación hasta el confinamiento.

El análisis de la información permitirá elaborar un plan de manejo de los RP teniendo como prioridad minimizar los residuos y maximizar su valorización. Dicho plan de manejo podrá fungir como fuente de apoyo a la UAEM y al CIICAP para servir como guía en la elaboración de planes de manejo enfocados a los RP que se generen en sus diferentes facultades o centros de investigación dentro de la UAEM. Asimismo, dicho plan de manejo promoverá la participación de las autoridades competentes y de los trabajadores en el manejo correcto de los RP para la seguridad y salud en las áreas de trabajo y también para contribuir a mejorar y conservar el ambiente. Finalmente, este proyecto coadyuvará a consolidar los valores de ética y

compromiso que plantea la UAEM en su código ético universitario, para forjar seres humanos íntegros con conocimientos que permitan preservar el ambiente y los recursos naturales. Esto mediante el desarrollo de investigaciones viables y eficientes fundamentadas en la legislación nacional que posibiliten el solucionar problemas ambientales, sociales y educativos del estado y la nación.

CAPÍTULO III. OBJETIVOS

Objetivo general

Proponer un plan de manejo para los residuos peligrosos generados en el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Objetivos particulares

- Solicitar información al CIICAp sobre la gestión de sus RP desde su generación hasta el confinamiento en el periodo 2015 – 2019.
- Elaborar un diagnóstico de la situación actual de la gestión de los RP en el CIICAp con base en la información recabada.
- Proponer estrategias que conformen el plan de manejo priorizando la minimización y valorización de los RP desde su generación hasta su confinamiento.

CAPÍTULO IV. PROPUESTA A IMPLEMENTAR

Área de estudio

En la figura 11 se muestra el sitio en el cual se realizará el estudio, el Centro de Investigación en Ingenierías y Ciencias Aplicadas (CIICAp), ubicado en Av. Universidad 1001, edificio 48, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México (Coordenadas: $18^{\circ} 58' 55''$ N, $99^{\circ} 14' 02''$ W).



Figura 11. Área de estudio. A: área que conforma a la UAEM campus Chamilpa (indicador azul: CIICAp). B: Centro de Investigación en Ingenierías y Ciencias aplicadas (CIICAp) en Cuernavaca, Morelos, México.

Descripción del área de estudio

El CIICAp es un centro de investigación interdisciplinario que tiene como objetivo principal facilitar la prestación de servicios que sean competitivos a través de la generación de proyectos que se vinculen con sectores industriales, educativos, sociales y gubernamentales. También tiene como fin la formación de recursos humanos mediante tutorías e investigación.

En el CIICAp se realizan mayormente estudios doctorales enfocados a las áreas de ingeniería eléctrica, materiales, mecánica y química. De igual manera, se llevan a cabo actividades encaminadas a la resolución de problemas de incertidumbre científica y desarrollo tecnológico.

Su oferta educativa consta de:

- Licenciatura en tecnología
- Especialidad en comercialización de conocimientos innovadores
- Maestría en sustentabilidad energética
- Maestría en ingeniería y ciencias aplicadas
- Maestría en comercialización de conocimientos innovadores
- Doctorado en ingeniería y ciencias aplicadas

Solicitud de información

En primera instancia, para conocer la actual gestión de los RP en el CIICAp, se realizarán oficios dirigidos al director de la Dirección General de Desarrollo Sustentable de la UAEM. Se solicitará la información que involucre la gestión de dichos residuos en el periodo del 2015 al 2019 con el fin de tener antecedentes e información actual. Esto permitirá conocer si han existido variaciones en la gestión de los RP. Por otro lado, se aplicarán encuestas vía remota a los encargados de los diferentes laboratorios, para observar el nivel de conocimiento con el que cuentan en torno al manejo de los RP que generan.

La información que se solicitará en el documento es la siguiente:

- Organización interna para el manejo de los RP
- Procedimientos para el manejo de los RP
- Responsables del manejo de los RP
- Coordinadores operativos

- Responsables del manejo de los RP por laboratorio
- Cantidad y tipo de RP generados
- Laboratorios que generan RP
- Autorización ante SEMARNAT como generador de RP
- Datos sobre cómo se recolectan, cómo se transportan, cuáles son susceptibles de valorización, cuáles requieren tratamiento y disposición final de los RP
- Empresa contratada para la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los RP
- Costos promedio derivados de la contratación de la empresa para el manejo integral de los RP
- Características y especificaciones del almacén temporal de RP
- Procedimientos de identificación, envasado y etiquetado de RP
- Ruta de acopio de los RP
- Calendarización para la recolección de los RP
- Tiempo de almacenamiento de los RP

Obtención de información y procesamiento de datos

Seguidamente, después de obtener la información por parte de la Dirección General de Desarrollo Sustentable y la información de las entrevistas, se vaciarán los datos pertinentes en el programa Microsoft Excel y Microsoft Word según sea el caso, para que conformen una base de datos. En caso de no ser datos manejables en los programas antes mencionados, se almacenará la información correspondiente en carpetas etiquetadas con el nombre de cada rubro.

Lo anterior se realizará para obtener un mejor manejo de la información y así facilite su posterior análisis.

Análisis situacional (diagnóstico)

Una vez realizada la base de datos, se elaborará un diagnóstico en el que se identifiquen los diferentes procesos que se llevan a cabo en el CIICAp, las fuentes de generación de RP, su manejo, almacenamiento temporal, tratamiento si fuera el caso y confinamiento. De igual manera se identificará el número de personas que atienden al CIICAp y se relacionará con la generación de los RP.

Análisis del diagnóstico y propuesta de plan de manejo

Una vez realizado el diagnóstico de la gestión de los RP en el CIICAp, se identificarán los aspectos que se cumplen y aquellos que no conforme a la legislación mexicana vigente en la materia y a la política interna de la UAEM. Después se tomarán en consideración las áreas de oportunidad detectadas en el diagnóstico y con base en ello se propondrán estrategias para su mejora, teniendo en cuenta los principios de prevención, minimización y valorización de los RP.

La estrategia metodológica planteada anteriormente para este proyecto se esquematiza en la figura 12:

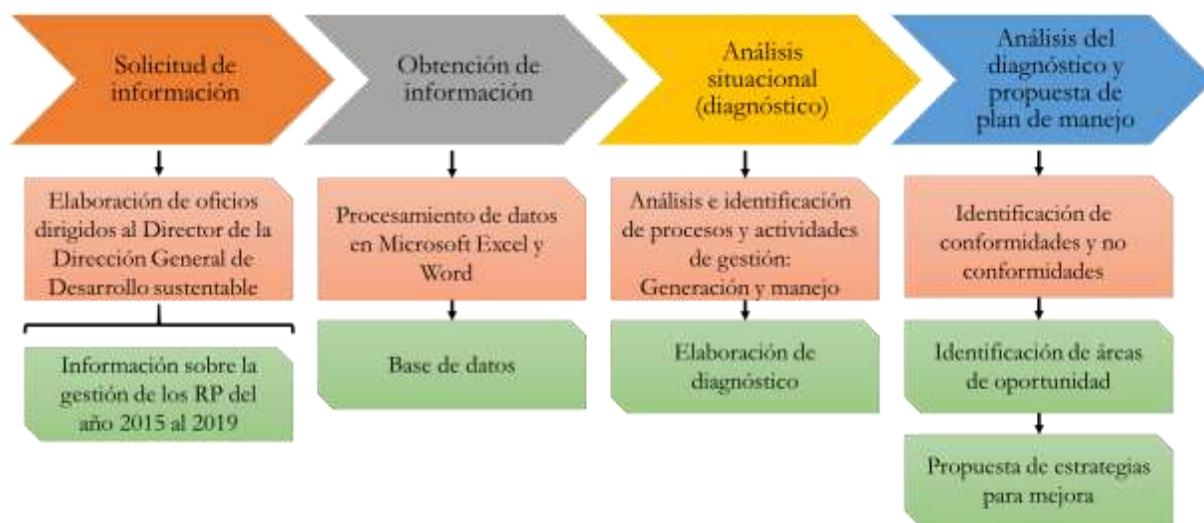


Figura 12. Estrategia metodológica para la elaboración del plan de manejo de RP generados en el CIICAp.

CAPITULO V. PRINCIPALES HALLAZGOS

DIAGNÓSTICO

Personal e infraestructura

De acuerdo con la información del portal del CIICAp, este centro de investigación cuenta 44 profesores de tiempo completo y 8 técnicos. Sin embargo, este número corresponde a los profesores que tienen asignado cada laboratorio (Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, 2020; UAEM, 2019a).

Hasta el año 2017, el CIICAp contaba 35 laboratorios en operación, mientras que 6 estaban en construcción (UAEM, 2017a). Más recientemente en 2019, en el plan de estudios del doctorado en ingeniería y ciencias aplicadas, se menciona que el CIICAp cuenta con 43 laboratorios para las actividades de investigación y docencia de los cuales 13 cuentan con regaderas de seguridad, también existen 9 aulas, 1 biblioteca, 43 cubículos, 1 taller mecánico, 1 taller de mejoras tecnológicas, 1 sala TIC, 1 auditorio para 150 personas, 11 oficinas administrativas, 1 cafetería y 10 instalaciones sanitarias (UAEM, 2019a).

Descripción de las actividades del CIICAp de la UAEM

De acuerdo con el plan de estudios de la maestría en comercialización de conocimientos innovadores (UAEM, 2017a) el CIICAp realiza actividades enfocadas a la docencia e investigación, las cuales tienen como fin generar y fortalecer el conocimiento de los estudiantes y docentes en sus áreas de estudio a través de tesis y artículos. Además, el CIICAp ofrece la prestación de servicios a la industria, como: análisis de aguas, análisis químicos y microestructurales de minerales de minas, análisis de alimentos, monitoreo de actividad volcánica, determinación de causas de corrosión entre otros, algunas de las industrias a las cuales les ha prestado servicios son PEMEX, NISSAN, PROPEM, CONACYT, Industrias Uquifa, Industrias Continental, entre otros.

Para todas las actividades antes mencionadas el CIICAp cuenta con diferentes equipos de investigación, entre los cuales se encuentran microscopios electrónicos de barrido, microscopios de fuerza atómica, microscopios ópticos con analizador de imágenes, analizador termogravimétrico, espectrofotómetros UV-Vis y de infrarrojo, cromatógrafos, hornos de inducción, muflas, balanzas analíticas, molinos de bolas, entre otros (UAEM, 2017a). El uso de

los equipos antes mencionados para las actividades de docencia, investigación y prestación de servicios requieren de insumos, es decir, de materia prima necesaria para que puedan llevarlas a cabo. Entre los reactivos que utilizan pueden ser ácidos, bases, solventes, sales, agua, entre otros, estos insumos al término del uso se convierten en residuos peligrosos (figura 13).

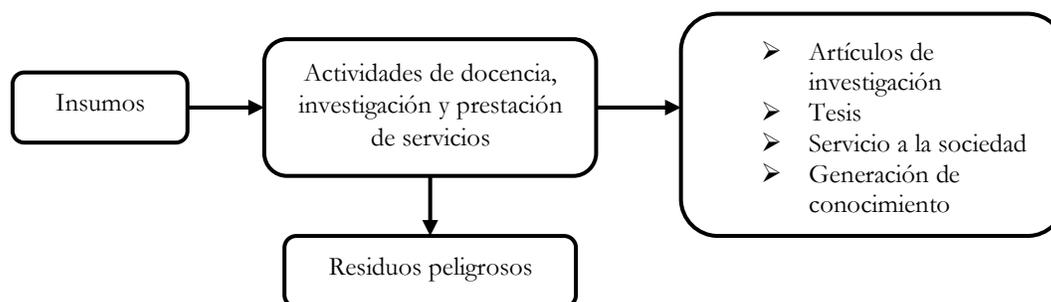


Figura 13. Diagrama sobre las actividades realizadas en el CIICAp

Generación de residuos peligrosos en la UAEM y el CIICAp

Como se mencionó anteriormente, la empresa TRISAPP es la encargada de la recolección y transporte de los RP, mientras que SANISUR la encargada del tratamiento y disposición final de estos. Derivado de estos servicios, a continuación, se presenta el gasto que realiza la UAEM para la gestión de sus RP, el cual podemos ver en la figura 14. El año 2016-2017 fue en el que más RP se generaron el cual significó un gasto de \$101,932.77 pesos, siendo este el costo más alto del periodo 2015-2019 (UAEM, 2017b; UAEM, 2018; UAEM, 2019b). Sin embargo, a pesar de que en el año posterior esta institución generó menos RP, el gasto continuó siendo alto puesto que para tal periodo (2017-2018) el costo fue de \$96,771.50. Por lo anterior, resulta adecuado implementar medidas y/o alternativas que permitan mejorar la gestión de los RP que puedan derivar en la reducción de costos por su tratamiento y/o confinamiento. (El costo mostrado es por la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de todos los RP de la UAEM)

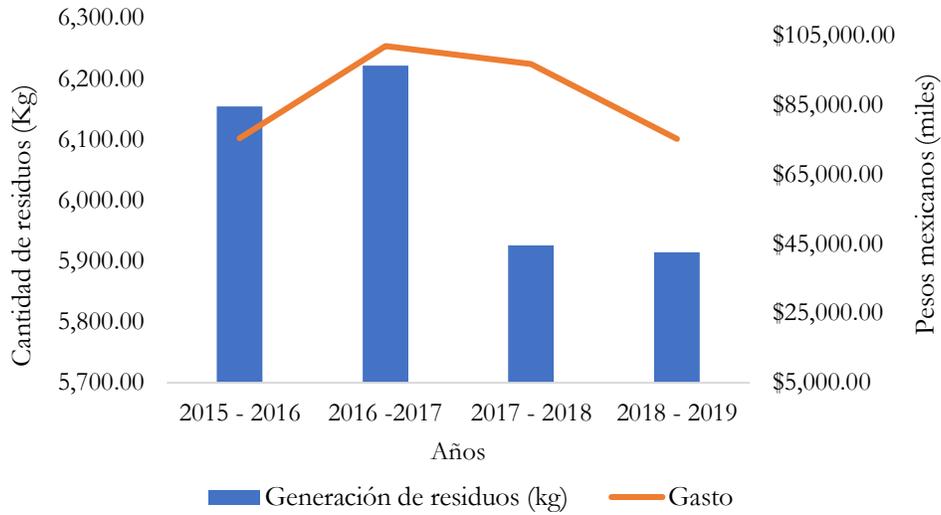


Figura 14. Residuos peligrosos generados en la UAEM y costo derivado de su manejo integral

La UAEM en su informe anual de actividades del año 2015-2016 menciona la cantidad de residuos peligrosos que se generaron en dicho año, sin embargo, no menciona la cantidad generada por cada centro dentro de esta (UAEM, 2016b). Por otro lado, a partir de la implementación del Sistema de Gestión Ambiental en 2016, en los informes anuales de actividades de la UAEM se empezó a reportar la cantidad de residuos peligrosos que generaba cada institución dentro de esta, teniendo que para dicho año el CIICAp fue el quinto centro que más residuos generó (356 kg) después de la unidad biomédica (UAEM, 2017b). Para los años siguientes el CIICAp se mantuvo como el séptimo centro con más generación de residuos con 200 y 168.5 kg para los años 2017 y 2018 respectivamente (figura 15) (UAEM, 2018; UAEM, 2019b). Por último, para el año 2019-2020 la generación se vio altamente reducida hasta 80 kg para dicho periodo.

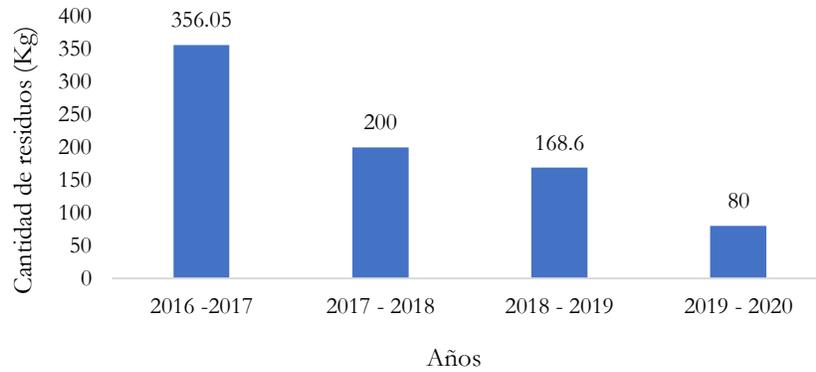


Figura 15. Residuos peligrosos generados en el CIICAp en el periodo 2015-2019

Todavía cabe señalar que a pesar de que la generación de RP del CIICAp reportada en los informes anuales muestra tendencias a la baja, la información proporcionada por la unidad generadora (CIICAp) muestra variaciones en la generación de los residuos con respecto a la de los informes. Estos datos se obtuvieron por año y se muestran en la figura 16.

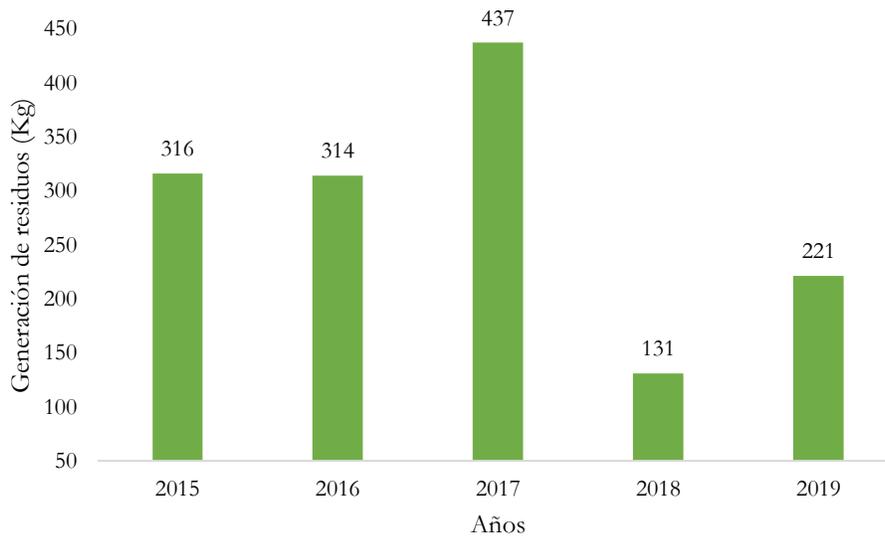


Figura 16. Generación de residuos peligrosos reportada por la unidad generadora (CIICAp) en el periodo 2015-2019.

Como podemos observar, existe una clara diferencia en la cantidad generada, siendo 2017 el año en el que más RP generó el CIICAp, seguido del 2015, 2016 y 2019. Con estos datos notamos una tendencia diferente a la reportada en los informes anuales, debido a que la información del CIICAp muestra que la generación se mantiene similar los primeros dos años (316 y 315 kg) y al siguiente esta aumenta ligeramente (437 kg), sin embargo, a pesar de dicho aumento los siguientes

años mostraron un ligero decremento en la generación de RP. De igual manera cabe mencionar que, de acuerdo con estos datos, la generación de RP del CIICAp en el año 2017 es equiparable a lo que generó el Centro de Investigación en Dinámica Celular de la UAEM según el informe anual del periodo 2012-2018 (UAEM, 2018) en el que esta última generó 430 kg y 437 kg el CIICAp. Algo similar ocurre con la generación de RP del año 2019, que de igual manera conforme al informe anual del periodo 2018-2019 (UAEM, 2019b) la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería generó una cantidad similar de RP que el CIICAp siendo esta de 223.3 kg y 221 kg respectivamente.

Diagnóstico de los residuos

Por otro lado, se obtuvo información referente a la generación de RP del CIICAp en el mes de agosto del 2010, esto se describe enseguida de acuerdo con el formato FF-SEMARNAT-034 con modificaciones (tabla 17). Cabe mencionar que la unidad generadora (CIICAp) reportó que hasta el año 2019 los tipos de residuos generados no han variado, siendo estos en su mayoría soluciones ácidas, salinas, alcoholes y cetonas.

Tabla 17. Características físicas y de peligrosidad de los residuos peligrosos del CIICAp

RESIDUOS OBJETO DEL PLAN DE MANEJO												
No.	Nombre del residuo	Características físicas			Características de peligrosidad							
		Sólido	Líquido	Otro	C	R	E	T	I	B	RME	Peligroso (minero)
1	Hidróxido de potasio		X			X		X				NO
2	Ácido sulfúrico y ácido acético		X		X	X		X	X			NO
3	Ácido sulfúrico + sulfato de plata + sulfato de mercurio + dicromato de potasio		X		X	X		X				NO
4	Ácido sulfúrico		X		X	X		X				NO
5	Bromuro de litio + agua + carrol		X					X	X			NO
6	Mezcla de metanol, acetona, sales inorgánicas, colorantes		X					X	X			NO
7	Tolueno, hexano, acetato de etilo, colorantes, polímeros		X					X	X			NO
8	Hidróxido de potasio, isopropanol		X		X			X				NO
9	Papel con colorantes	X						X				NO
10	Lámparas fluorescentes	X						X				NO

Fuente: Modificado del formato FF-SEMARNAT-043.

A continuación, en la tabla 18 se presentan las características de los residuos generados en el CIICAp, en la cual se describen los efectos nocivos que pueden causar a la salud y al ambiente.

Tabla 18. Afectaciones a la salud y al ambiente de los residuos peligrosos generados en el CIICAp

Residuo	Amenazas ambientales	Amenazas a la salud	Fuente
Hidróxido de potasio	Se propaga en el entorno mediante agua y tiene aumentar el pH del medio donde se encuentra.	Causa quemaduras en la piel y ojos, así como en el tracto respiratorio y digestivo.	(Proquimort, 2012; Universidad Nacional Heredia, 2016)
Ácido sulfúrico	Altamente tóxico para la vida acuática, puede disolver minerales en el suelo deteriorando la calidad de estos.	Cancerígeno humano, con efectos teratogénicos y mutagénicos. Provoca quemaduras en la piel y tracto respiratorio.	(Cisproquim, 2005a; UNAM, 2016)
Ácido acético	Ligeramente tóxico, se degrada en 10 y 30 días en agua o suelo.	Puede causar bronconeumonía o edema pulmonar. Perjudica los riñones y ojos.	(Cisproquim, 2005b; CTR Scientific, s/f)
Sulfato de plata	Altamente tóxico para organismos acuáticos con efectos nocivos persistentes.	Provoca lesiones oculares graves.	(Merck, 2017; ThermoFisher, 2021)
Sulfato de mercurio	Es altamente tóxico para organismos acuáticos.	Mortal en caso de ingestión o inhalación, afecta riñón, hígado, nervios, hueso y bazo	(Sigma-Aldrich, 2012)
Dicromato de potasio	Puede provocar efectos negativos prolongados en agua, tóxico para organismos acuáticos.	Corrosivo para ojos, piel y tracto respiratorio y digestivo. Puede afectar riñones e hígado.	(Merck, 2018)
Bromuro de litio	Altamente tóxico en peces.	Toxicidad aguda oral, provoca irritación ocular y cutánea.	(Sigma-Aldrich, 2014)
Colorantes	En altas concentraciones provoca toxicidad en organismos acuáticos debido a su bioacumulación. Altamente resistentes a la degradación.	Efectos potencialmente carcinogénicos y mutagénicos para los humanos.	(Riva et al., 1998; Olivares-González, 2020)
Solventes (Hexano, Tolueno, Acetona, Isopropanol)	Tóxico para organismos acuáticos, particularmente el hexano es altamente bioacumulable.	La exposición crónica provoca disfunción en el sistema nerviosos central o periférico, efectos cancerígenos y sistémicos.	(CCOO Madrid, 2008; Roth, 2019)
Sales inorgánicas	Su liberación puede provocar salinización en cuerpos de agua y en suelo, puede afectar la asimilación de nutrientes del suelo en plantas.	Irritación en el tracto respiratorio, conjuntivitis y ulceración. Por ingesta puede causar gastritis y daño hepático.	(Sifatec, 2013)
Lámparas fluorescentes	Altamente tóxico en peces y vida marina, puede ser bioacumulables y biomagnificarse.	Altas exposiciones pueden dañar permanentemente riñones, cerebro y fetos. El 80% del mercurio inhalado se retiene y puede alterar funciones cerebrales.	(Abreo y Restrepo, 2006)

MANEJO (Transporte, almacenamiento, recolección y tratamiento y/o disposición final)

Ruta interna de los residuos peligrosos del CIICAp

Brevemente, se describirá la ruta que toman los residuos desde los laboratorios hasta el almacén de RP del CIICAp.

El responsable de cada laboratorio es el encargado de trasladar los residuos al almacén, esta actividad se realiza con el equipo de protección personal pertinente como guantes y gafas, asimismo utilizan un carrito en el cual depositan los residuos a transportar. Por otro lado, el CIICAp cuenta con dos accesos, el principal que se encuentra cerca de la avenida y una salida trasera. El traslado de los RP por la salida principal resultaría inseguro debido a que cuenta con escaleras por las cuales no permitiría el manejo adecuado del carrito de transporte, por lo cual se debe de realizar por la salida trasera debido a que cuenta con rampas que facilitan el transporte de los RP. Por último, cabe mencionar que dicha ruta no está plasmada en ningún documento, por lo que es necesario establecer y estandarizar una ruta específica.

Procedimiento para manejo de los residuos peligrosos

Como se vio en capítulos anteriores el manejo de los residuos peligrosos se esquematiza en el manual ambiental de la UAEM, a continuación, esto se describirá brevemente de acuerdo con el documento antes mencionado, contextualizado para el caso del CIICAp (UAEM, 2016a).

En primera instancia, la unidad generadora de RP en este caso, el CIICAp debe identificar, envasar y etiquetar sus RP para trasladarlos al almacén temporal y registrarlos en el formulario F-SGA-028 (figura 17) y en la bitácora de generación de RP previamente distribuidas por el PROGAU, ahora Dirección General de Desarrollo Sustentable de la UAEM (DGDS).

GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS DE LAS UAA

Código	F-SGA-028	ISO 14001:2015 <i>Documento Controlado</i>	Fecha elaboración	Noviembre 2018
# Actualización	01		Página	1 de 1

UNIDADES ACADÉMICAS Y ADMINISTRATIVAS

UAA _____

Espacio para ser llenado por el área de generación				Espacio para ser llenado por el responsable del almacén temporal			
Fecha	Descripción del residuo*	Cantidad (Unidades o kg)	Nombre y firma del generador	Fecha de ingreso al almacén temporal	Empresa recolectora:	Empresa receptora para tratamiento o disposición final	Nombre y firma del operador de la empresa

*Se refiere a lámparas fluorescentes, envases vacíos de productos de limpieza, estropajos con pintura y disolventes y envases con restos de pintura o disolventes

Nota: Este formulario será llenado en las bitácoras de generación de RP en las UAA.

OBSERVACIONES: _____

Figura 17. Formato F-SGA-028

Seguidamente, los RP deberán ser recibidos por el coordinador operativo de las áreas generadoras y deberá anotarlos en la bitácora de datos establecidas en el almacén. Posteriormente registra los RP en el formato F-SGA-029 (figura 18) y coloca los residuos en contenedores hasta el 80% de su capacidad, después son embalados en tambos de 200 litros asegurados con aserrín para evitar rupturas.

ENTRADAS Y SALIDAS DEL ALMACÉN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Código	F-SGA-029	ISO 14001:2015 <i>Documento Controlado</i>	Fecha elaboración	Junio 2018
# Actualización	01		Página	1 de 1

UNIDADES ACADÉMICAS Y ADMINISTRATIVAS

MED: _____

LLENADO POR EL COORDINADOR OPERATIVO					LLENADO POR LA EMPRESA RECOLECTORA DE RESIDUOS				
FECHA	CANTIDAD DE ENTRADA	AREA DE GENERACION	RESIDUO PELIGROSO	NOMBRE Y FIRMA RESPONSABLE RP	CANTIDAD RECOLECTADA	NUMERO DE MANIFIESTO	EMPRESA RECOLECTORA	EMPRESA DESTINO	NOMBRE Y FIRMA OPERADOR

Nota: Este formulario será llenado en las bitácoras de generación de RP en las UAA.

OBSERVACIONES: _____

Figura 18. Formato F-SGA-029

Enseguida, la coordinación de la DGDS notifica a los responsables del almacén temporal por correo electrónico y con dos semanas de anticipación les anuncian la fecha de recolección por la empresa contratada. Cabe mencionar que de acuerdo con el Informe Anual de la UAEM (UAEM, 2018) la recolección de los RP se lleva a cabo dos veces al año.

El día establecido en el calendario la empresa recolectora acude y en conjunto con el coordinador operativo la empresa elabora y entrega una copia del manifiesto de entrega/recepción de los RP y se registra en el formato F-SGA-029. La empresa trasladará al centro de acopio los residuos para posteriormente dirigirlos a su tratamiento y disposición final, continuamente la empresa encargada de transportarlos entrega a la DGDS el manifiesto original sellado y firmado por el centro de acopio. Una vez realizado lo anterior, la DGDS recibe el manifiesto original, lo archiva, copia y turna al coordinador operativo de la unidad generadora para su archivo, en este caso el CIICAp.

Finalmente, es importante mencionar que la empresa encargada de la recolección y transporte de los RP es “Transporte Integral y Soluciones Ambientales PP SA de CV” (TRISAPP) la cual cuenta con el número de autorización 15-I20-18 ante la SEMARNAT. Una vez recolectados los residuos la empresa TRISAPP los entrega a SANIRENT de México SA de CV para su tratamiento y disposición final. SANIRENT cuenta con la autorización número 09-II-10-19 por parte de la SEMARNAT. Cabe mencionar que actualmente se desconoce cuál es el tipo de disposición o tratamiento que sufren los residuos. En la figura 19 se presenta un esquema del procedimiento anteriormente mencionado.

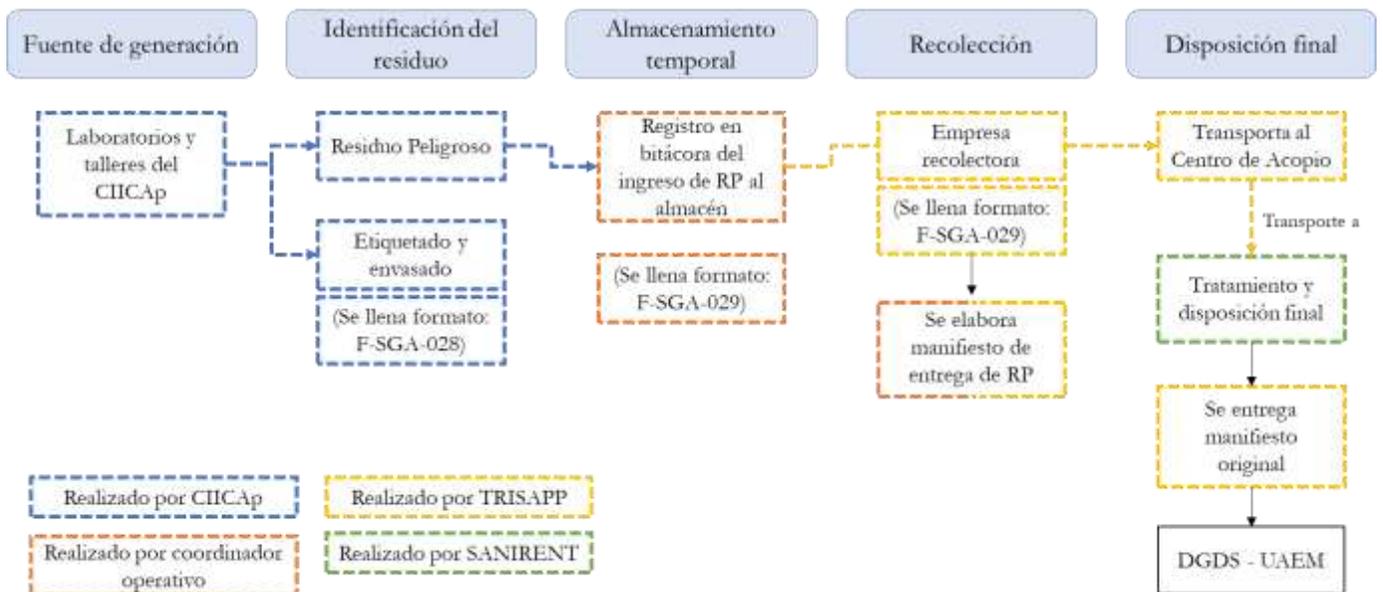


Figura 19. Procedimiento del manejo de los residuos peligrosos del CIICAp. DGDS: Dirección General de Desarrollo Sustentable.

Manejo de las lámparas fluorescentes

De acuerdo con el manual ambiental (UAEM, 2016a), las lámparas fluorescentes generadas dentro de la UAEM se ven sujetas al manejo siguiente:

La unidad académica de la UAEM, en este caso el CIICAp, debe solicitar al personal del departamento de mantenimiento el cambio de lámparas, una vez allí la lámpara desechada se coloca en el contenedor de la lámpara nueva, posteriormente el personal de mantenimiento las traslada y entrega al almacén. En el almacén se registran las lámparas del área generadora en una bitácora y en el formulario F-SGA-0219. Una vez realizado esto, el personal embala las lámparas en el contenedor de origen.

Posteriormente, la DGDS notifica con dos semanas de anticipación la fecha de envío a los responsables del almacén temporal. La empresa recolectora acude el día acordado, elabora y entrega copia del manifiesto de los residuos que transportará al almacén temporal de residuos. Por último, la DGDS recibe el manifiesto original, revisa, archiva copia y dirige el original al responsable del almacén temporal de residuos peligrosos para su archivo.

Expuesto lo anterior, mencionaré nuevamente que el manual expresa que las lámparas generadas por las unidades académicas son llevadas al almacén de la UAEM. Sin embargo, de acuerdo con la información recopilada, las lámparas son llevadas a otro sitio dentro de la UAEM el cual no cumple con las características del almacén y que por tanto no cuenta con autorización para contener este tipo de residuos.

Etiquetado y envasado de los residuos peligrosos

A pesar de que en el manual ambiental y en el manual verde universitario no mencionan la forma de etiquetado de los RP, el documento realizado por Ortiz-Hernández (s/f) describe a grandes rasgos el uso de contenedores para los RP y características de su embalaje, así como de su etiquetado dentro de la UAEM.

En primera instancia se menciona que todos los contenedores, indistintamente del tamaño, son identificados y etiquetados, además los residuos que contengan menos de 10 L se colocan en tambos de 200 L amortiguados con aserrín. Cada tambo debe tener su calcomanía correspondiente, en donde se indiquen las características principales y de riesgo que presenten los residuos que allí se contienen.

Como se puede observar en la figura 20, la etiqueta utilizada para la identificación de los residuos contiene el rombo de seguridad de la norma NFPA 704 establecida por la National Fire Protection Association. De igual manera se deben de colocar las características CRET del residuo, las cuales también están estipuladas en la NOM-052-SEMARNAT-2005, asimismo se observan datos como el peso (kg), la unidad generadora, el grupo al que pertenece de acuerdo con su incompatibilidad (NOM-054-SEMARNAT-1993) y la fecha de ingreso y egreso del residuo al almacén temporal.


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
 PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL UNIVERSITARIO

RESIDUOS PELIGROSOS CRETI



UNIDAD GENERADORA: _____

DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO: _____

FECHA DE INICIO DE GENERACIÓN: _____ FECHA FINAL DE GENERACIÓN: _____

FECHA DE INGRESO AL ALMACÉN TEMPORAL: _____

Grupo de el que se encuentra el residuo (de acuerdo con la NOM-054-SEMARNAT-1993): _____

Indicación de manejo: _____

Peso en (kg): _____

FECHA DE EGRESO DEL ALMACÉN TEMPORAL: _____

CARACTERÍSTICAS:

C R E T I



GENERADOR:
 Universidad Autónoma del Estado de Morelos,
 Programa de Gestión Ambiental Universitaria, PROGAU
 Av. Universidad 1001, Col Chaoyuga, Tel. 3 29 70 57
 correo electrónico: progau@uam.mx

DESTINATARIO:
 SOLUCIONES ECOLÓGICAS INTEGRALES, S.A. DE C.V.
 Lerma No. 22 Fraccionamiento Industrial Tlaxcalpan Tlaxtepec,
 Edo. De México Tel. 55 65 61 91

Figura 20. Etiqueta para la identificación de residuos peligrosos

La norma NFPA 704 normalmente es utilizada para el uso, transporte y almacenamiento seguro de productos químicos. Esta consta de un rombo con cuatro divisiones de diferentes colores, azul, rojo, blanco y amarillo. El color azul indica los riesgos a la salud, el cual tiene una escala de 0 (normal) a 4 (mortal). El rojo indica amenaza de inflamabilidad del compuesto el cual va de 0 (no arde) hasta 4 (arde menos de 25° C). El color amarillo indica riesgo por reactividad y así mismo va de 0 (estable) a 4 (puede explotar). Por último, el color blanco indica algún peligro específico que pudiera existir, el cual puede ser una llama (inflamable), W (no utilizar agua), una calavera (tóxico), un símbolo de radiactividad (radiactivo), COR (corrosivo), OX (oxidante), ACID (ácido) y ALK (alcalino). En la figura 21 se muestra gráficamente lo mencionado anteriormente.



Figura 21. Rombo para la clasificación de riesgos y su significado (Norma NFPA 704)

Aún más recientemente, en el año 2015 el Diario Oficial de la Federación publicó la NOM-018-STPS-2015, que lleva por nombre “Sistema globalmente armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo” dicha norma ha suplido desde entonces el uso del rombo de seguridad de la NFPA, puesto que propone una metodología de identificación de las sustancias químicas más fácilmente de reconocer. A continuación, se presentan los pictogramas utilizados en la NOM 018 (figura 22).



Figura 22. Pictogramas de peligros físicos y para la salud

Por último, cabe mencionar que el etiquetado de los residuos se puede presentar en dos momentos, uno primero en el cual se etiquetan los residuos en la unidad generadora (CIICAP), por ejemplo, en el laboratorio antes de ser llevados al almacén temporal y un segundo momento, en el que ya se encuentran en el almacén temporal.

Almacenamiento de los residuos peligrosos en la UAEM

Como se vio anteriormente, el Manual Ambiental de la UAEM no menciona las características del almacén de los RP que se generen dentro de estas (incluido el CIICAp), sin embargo, el documento realizado por Ortiz-Hernández, (s/f) menciona diferentes puntos sobre las particularidades con las que debe de contar el almacén de los RP, los cuales son los siguientes:

En primera instancia, se muestra que el almacén temporal de los RP debe estar separado del resto de las áreas del campus en donde se reducen riesgos por emisiones, fugas, incendios, inundación, entre otros. Asimismo, menciona que se debe contar con muros de contención y fosas de retención (1/5 parte de la capacidad del almacén), por último, debe contar con trincheras o canaletas para conducir derrames a las fosas, sistemas de extinción contra incendios, señalamientos y letreros alusivos y alarmas ante una contingencia. Todo lo anteriormente mencionado, no cerciora que están sean las características con las que cuentan los almacenes temporales, de los cuales la UAEM cuenta con cuatro que fueron construidos en función de la cantidad de RP que generan los sitios donde se ubican.

Un acercamiento de lo antes mencionado, relacionado a los almacenes de la UAEM, es un estudio realizado por Ortelli-Jiménez, (2018) en el que reportó las características del almacén temporal en el que entregan sus RP la escuela de técnicos laboratoristas de la UAEM, esta muestra que dicho almacén cuenta con bitácoras de recepción y entrega de los RP, así como señalizaciones para identificar peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas. También cuenta con báscula y reporta el almacenamiento de los RP conforme a su incompatibilidad, lo cual cumple con la norma NOM-054-SEMARNAT-1993 y la NOM-018-STPS-2015.

Las características del almacén de técnicos laboratoristas, el cual se vio anteriormente, coincide con la información proporcionada para el caso del CIICAp, la cual menciona que el almacén de RP está ubicado en una zona segura alejado de oficinas y laboratorios para reducir el riesgo por posibles emisiones, fugas, explosiones, etc. (figura 23). Asimismo, cuenta con fosa para

contención de derrames, techado con ventilación natural, señalamientos, regadera y lavabo. En el anexo A se muestran figuras de dicho almacén.



Figura 23. Ubicación del almacén temporal del CIICAp, dentro de la UAEM.

Una particularidad del almacén de RP del CIICAp es que cuenta con instalaciones eléctricas antiexplosivas y está diseñado con paredes resistentes a una eventual explosión, de modo que dichas paredes contienen la explosión dentro del almacén sin derrumbarse. De igual manera, como se mencionó arriba, cuenta con un techo con ventilación natural el cual en el caso de explosión el techo se desprendería debido a la contención por los muros que desviarían la misma hacia arriba. Así pues, dicho almacén cumple con lo establecido en el artículo 15 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos.

Por último, se realizó el procedimiento para determinar la incompatibilidad de los RP generados en el CIICAp de acuerdo con la NOM-054-SERMARNAT-1993. Los resultados de dicho procedimiento se encuentran en la tabla 19.

Tabla 19. Incompatibilidad de los residuos peligrosos generados en el CIICAp

Nombre del residuo	Grupo	Incompatibilidad
Hidróxido de potasio	10 (cáusticos)	-
Ácido sulfúrico y ácido acético	2 (ácido mineral oxidante) + 3 (ácidos orgánicos)	GH
Ácido sulfúrico + sulfato de plata + sulfato de mercurio + dicromato de potasio	2 (ácido mineral) + 24 (metales y compuestos de metales tóxicos)	S
Ácido sulfúrico	2 (ácido mineral oxidante)	-
Bromuro de litio + agua + carrol	24 (Metales y compuestos de metales tóxicos)	-
Mezcla de metanol, acetona, sales inorgánicas, colorantes	4 (alcoholes y glicoles) + 19 (cetona) + 24 (metales y compuestos de metales tóxicos)	-
Tolueno, hexano, acetato de etilo, colorantes, polímeros	16(hidrocarburos aromáticos) + 4 (alcoholes y glicoles) + 13 (ésteres)	-
Hidróxido de potasio, isopropanol	10 (cáusticos) + 4 (alcoholes y glicoles)	-
Papel con colorantes	-	-
Lámparas fluorescentes	-	-

GH: Genera calor por reacción química, genera gases en grandes cantidades y puede producir presión y ruptura de los recipientes cerrados. S: Solubilización de metales y compuestos metales tóxicos.

Como podemos observar, la mayoría de los residuos que se generan no presentan incompatibilidad si son mezclados, de acuerdo con la NOM-054-SEMARNAT-1993. Sin embargo, residuos como la mezcla de ácido de sulfúrico y ácido acético pueden generar calor por reacción química que puede producir presión y ruptura en recipientes cerrados debido a que generan grandes cantidades de gases. Por otro lado, la mezcla de ácido sulfúrico con residuos de sulfato de plata, sulfato de mercurio y dicromato de potasio puede tender a la solubilización de metales y compuestos metales tóxicos. En este sentido, resulta importante no mezclar los residuos antes mencionados y así evitar algún posible accidente en algunas de las fases del manejo.

Capacitación en materia de residuos peligrosos en la UAEM

Reforzar los conocimientos sobre la gestión de residuos peligrosos en universidades como la UAEM es de vital importancia debido a que esto provee las herramientas para saber cómo y cuándo actuar en todas sus diferentes fases. Para ello, la UAEM en su informe anual del año 2015-2016, menciona haber realizado capacitaciones que involucren temáticas sobre las bases conceptuales, científicas, de manejo y legales para llevar a cabo la gestión integral de RP, dicha capacitación se impartió de manera teórica y contó con 39 participantes. Asimismo, en el mismo año se llevó a cabo una visita a las instalaciones de la cementera Moctezuma a la cual asistieron diferentes encargados del manejo de los RP en la UAEM, esto para fortalecer su conocimiento en cuanto a los procedimientos y forma de manejo de acuerdo con el certificado de calidad ambiental de PROFEPA (UAEM, 2016b).

Por otro lado, en el informe anual correspondiente al año 2016-2017, también se llevaron a cabo capacitaciones para la gestión integral de RP y cabe destacar que en dicho periodo se incluyó dentro del programa, la elaboración de planes de manejo de acuerdo con los lineamientos de certificación ambiental de PROFEPA. Para dicho curso asistieron 35 personas de 11 unidades académicas de la universidad y tuvo una duración de 20 horas (UAEM, 2017b). Adicionalmente, para el periodo 2017-2018, como parte del programa de capacitaciones del SGA, se llevó a cabo una capacitación de 10 horas para las diferentes unidades académicas generadoras de RP, en el cual la temática fue sobre la gestión integral de RP además de las acciones a realizar en una posible contingencia (UAEM, 2018).

Finalmente, de acuerdo con el informe anual del periodo 2018-2019 la UAEM realizó dos capacitaciones organizadas por la empresa encargada de la recolección de los RP, TRISAPP la cual se mencionó anteriormente. La primera se llevó a cabo en mayo de 2019 con un total de 39 participantes, y la segunda fue realizada el 28 de noviembre del mismo año (UAEM, 2019b).

Como se expuso antes, la UAEM ha llevado a cabo diferentes talleres y pláticas que tienen como fin reforzar el conocimiento del personal académico encargado del manejo de los RP y consecuentemente lograr mejoras que puedan mitigar efectos negativos a la salud y al ambiente. Sin embargo, no se menciona que unidades académicas participan en las capacitaciones antes mencionadas.

PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO

MINIMIZACIÓN

La minimización de los residuos se puede definir como la adopción de medidas organizativas y operativas que permitan disminuir la cantidad y peligrosidad de los residuos que se generen (Cardona-Gallo, 2007). A continuación, se enunciarán diversas medidas de minimización en función de los residuos que genera el CIICAp. Para comenzar, mencionaré algunas medidas generales que se pueden aplicar dentro del CIICAp, las cuales son:

- Para reducir la cantidad de RP generados en los laboratorios de docencia, se recomendaría a los maestros disminuir la cantidad de reactivos a utilizar, llevando los experimentos a microescala en los casos donde esto sea posible.
- Realizar las prácticas de los laboratorios de docencia en equipo, esto para reducir la cantidad de reactivos que se utilicen.
- Realizar manuales de práctica nuevos en los cuales se estandarice una nueva metodología donde se utilice menos cantidad de sustancias y reactivos. De igual manera, añadir una sección del posible manejo adecuado de los residuos generados en la práctica (envasado, etiquetado, transporte al almacén, etc.)
- Reutilizar los envases vacíos para contener el mismo tipo de residuo.
- Implementar inventarios actualizados de los insumos adquiridos, en el que se coloque la fecha de compra y de uso para evitar la acumulación de reactivos que no se utilicen con frecuencia y también prevenir que caduquen innecesariamente y se conviertan en residuos

Seguidamente se mencionarán algunas alternativas de acuerdo con el tipo de sustancia utilizada en el CIICAp (de ser aplicable) y medidas generales de acuerdo con la clasificación química del residuo. Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los residuos generados pertenecen a ácidos y bases inorgánicos, por lo que se sugiere lo siguiente:

- Para el caso de bases inorgánicas como el hidróxido de potasio (KOH) o hidróxido de sodio (NaOH) se propone la neutralización de estas con soluciones ácidas como el ácido

sulfúrico (H_2SO_4) o ácido clorhídrico (HCl) con el fin de que no presenten un pH muy alto.

- En el caso de los ácidos inorgánicos como el ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácidos orgánicos como el ácido acético ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) estos se pueden neutralizar con bases como hidróxido de sodio e hidróxido de potasio.
- En caso de que alguna reacción con los diferentes reactivos genere un sólido o implique el uso de un sólido, si es técnicamente viable se podría separar el sólido del líquido y envasarlos en recipientes diferentes.
- Solventes como el hexano, tolueno o acetona se podrían recuperar mediante un equipo rotavapor, al variar los puntos de ebullición y de presión adecuados para cada tipo de solvente y así se puedan separar de una mezcla.
- De ser posible y si es técnicamente viable se podrían sustituir ciertos reactivos y utilizar algunos con características de menor peligrosidad, por ejemplo, reemplazar el uso de hexano por heptano, ya que, de acuerdo con la simbología de la NFPA, su riesgo a la salud es menor comparado con el hexano.
- Los papeles impregnados con colorante, de ser posible se podría establecer una cantidad específica y racionarse, con el fin de evitar excesos y que estos se conviertan en RP.
- Separar en la fuente por tipo de residuos como: solventes, sales inorgánicas, ácidos y bases o soluciones neutralizadas.
- Sustituir el uso de lámparas fluorescentes por lámparas LED de larga duración puesto que también existen largas.

VALORIZACIÓN

El término de valorización aplicado a los residuos, la LGPGIR lo define como: “el conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación a procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica”. A continuación, se presentan las posibles estrategias de valorización de acuerdo con los tipos de residuos generados en el CIICAp.

- En primera instancia, cabe mencionar que residuos derivados de la mezcla de reactivos como dicromato de potasio con ácido, sulfato de plata entre otros, no son susceptibles de ser valorizados debido a que no tiene valor para funcionar como insumo en otro proceso o para reciclaje.
- Por otro lado, solventes como el hexano, tolueno, acetona e isopropanol pueden ser valorizados para su reciclaje. Una posible alternativa para el reciclaje de dichos solventes se da en la empresa “Reciclaje de solventes usados” de Grupo Petro Pol SA de CV localizada en Teoloyucan, Estado de México. Dicha empresa cuenta con la autorización de SEMARNAT: 15 – IV – 50 – 09. El proceso de reciclaje tiene como fin aprovecharlos nuevamente en procesos industriales como dilución de pinturas, recubrimientos, entre otros (Planesco, s/f).
- De igual forma, de acuerdo con Dimas-Vallina (2010), los solventes en cuestión pueden utilizarse como combustible derivado de residuos (CDR) en hornos para la industria cementera.

En este sentido, el procedimiento del manejo de los RP del CIICAP mostrado en la figura # se vería modificado llevando a cabo las actividades de minimización y valorización mencionadas anteriormente y se verían reflejadas de la siguiente manera (figura 24):

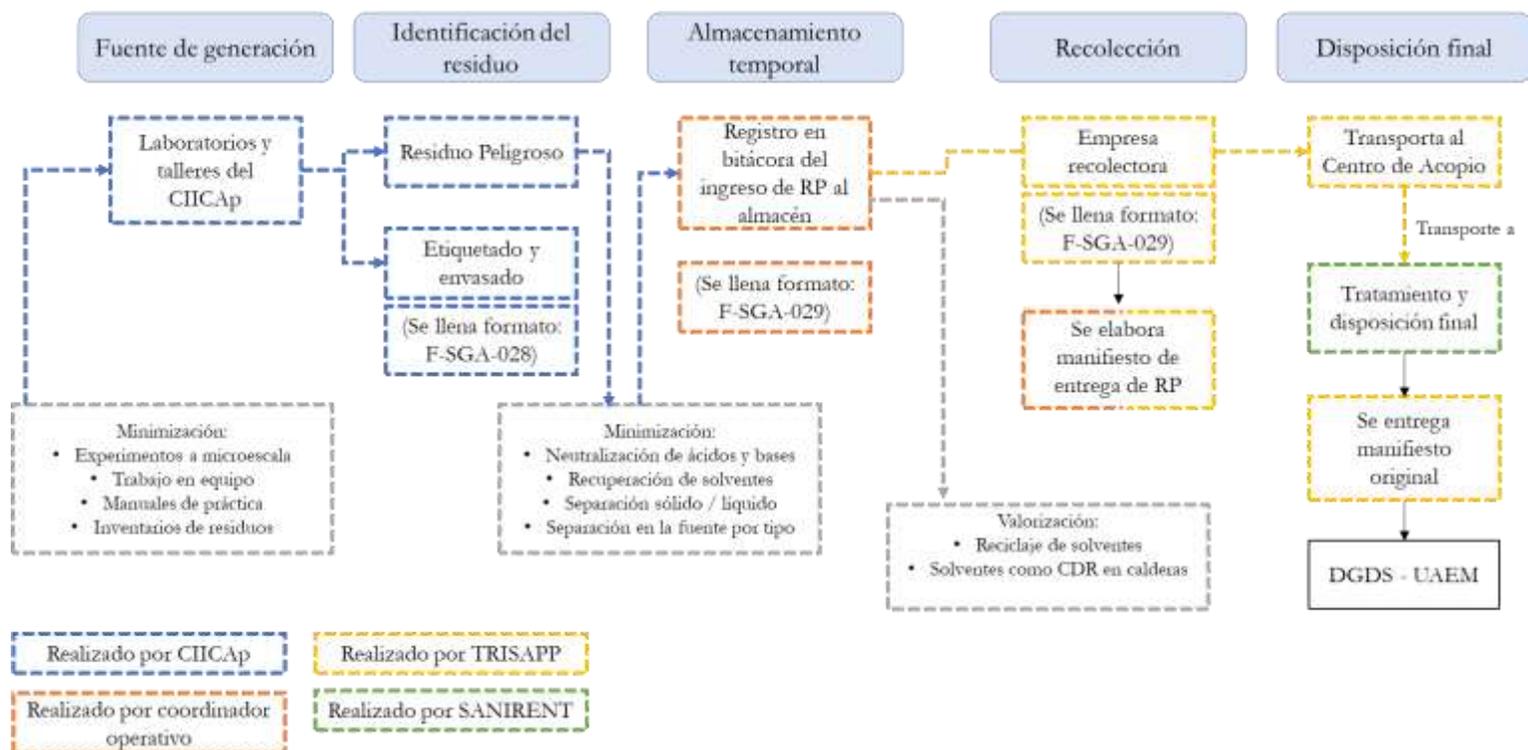


Figura 24. Procedimiento del manejo de los residuos peligrosos del CIICAp con medidas de minimización y valorización. DGDS: Dirección General de Desarrollo Sustentable.

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE INTERNO

Para el transporte de los RP del CIICAp hasta el almacén temporal, se recomienda establecer una ruta interna oficial, que contemple a todos los laboratorios que generen dichos residuos. Asimismo, designar responsabilidades respecto a los encargados del manejo de los RP en cada laboratorio, así como de la o las personas designadas a transportarlos al almacén temporal, esto para tener un mejor control y ubicación de las diferentes personas involucradas en el manejo de los RP dentro del centro de investigación. Todo esto debe ser plasmado en un documento el cual se encuentre en los laboratorios generadores de RP. Por otro lado, sería conveniente que cada laboratorio realizara un inventario de los residuos que almacenan dentro de los mismos, de modo que el personal conozca la cantidad de recipientes ocupados, vacíos y los residuos que están contenidos en cada recipiente.

Equipo de protección personal

El transporte de los RP debe de llevarse a cabo con medidas de seguridad, que garanticen la integridad física y de salud del personal encargado de la recolección y transporte de los RP, por tal motivo se propone el uso de los siguientes equipos de protección personal (tabla 20), en función de las características marcadas en las hojas de seguridad de los tipos de residuos que genera el CIICAp y de lo estipulado en la NOM-017-STPS-2008.

Tabla 20: Equipo de protección personal sugerido para el transporte de los residuos peligrosos al almacén temporal.

**GUANTES RESISTENTES A
QUÍMICOS (NITRILO)**



BOTAS



LENTE DE SEGURIDAD



**MANGA LARGA, YA SE BATA U
OVEROL.**



MÁSCARA DE PROTECCIÓN (PARA RESIDUOS DE ÁCIDO SULFÚRICO, SULFATO DE MERCURIO Y DICROMATO DE POTASIO)



ENVASADO Y ETIQUETADO

Es deseable que los recipientes utilizados para depositar los residuos no sean frágiles, por el contrario que cuenten con rigidez para prevenir algún derrame de estos. Para residuos líquidos es conveniente utilizar recipientes o garrafas de polietileno de alta densidad, por otro lado, para residuos sólidos se podrían utilizar bidones o contenedores con apertura total que cuenten con una tapa que al cerrar no permita la fuga de los residuos. Un ejemplo de estos recipientes se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Recipientes sugeridos para el envasado de los residuos peligrosos

RECIPIENTES PARA RESIDUOS LÍQUIDOS



RECIPIENTES PARA RESIDUOS SÓLIDOS



Por otro lado, es común que los recipientes vacíos de solventes u otros reactivos sean utilizados nuevamente para contener el mismo residuo, o residuos con características similares, sin embargo, la mayoría de estos recipientes son de vidrio con los cuales se debe tener extremo cuidado al manejarlos ya que podrían causar graves accidentes. En caso de utilizarse este tipo de envases se debe revisar que no estén rotos o fisurados además de procurar ubicarlos en espacios donde no tengan contacto con otros tipos de recipientes o en lugares altos y estrechos.

Anteriormente se mencionó que el etiquetado de los RP puede darse en dos momentos, cuando son etiquetados en los laboratorios y cuando se etiquetan en el almacén. Es necesario puntualizar que, si los envases para contener los residuos son reutilizados, la etiqueta previa debe de eliminarse por completo para así evitar se confunda con el residuo que anteriormente contenía (entendiendo que los residuos a disponer en el envase a reutilizar sean compatibles).

ALMACENAMIENTO

Como se vio antes, se determinó la incompatibilidad de los RP generados en el CIICAp, de acuerdo con sus características de incompatibilidad conforme a lo estipulado en la NOM-05-SEMARNAT-1993, en el cual se encontró que ciertos residuos en efecto eran incompatibles. Por tal motivo, es necesario utilizar dicha norma al momento de mezclar y/o almacenar residuos, para que de esta manera se prevengan reacciones no deseadas de los RP en el centro de investigación y/o almacén temporal.

Por otra parte, en cuanto al almacenamiento de las lámparas fluorescentes una vez recolectadas estas deben de ser llevadas a sitios de almacenamiento, que cumplan con las características estipuladas en el art. 15 del reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos, debido a que el almacenamiento en lugares no autorizados y que no cuenten los requerimientos de la legislación, pueden generar afectaciones a las personas que manejan dichos residuos, así como las que se mantienen cerca del sitio. Es por esto por lo que es necesario que se establezcan mecanismos para que el personal los lleve directamente a un almacén con características adecuadas, una alternativa podría ser el del CIICAp.

DISPOSICIÓN FINAL

Debido a que se desconoce el tratamiento y la disposición final de los RP que se generan en el CIICAp, se recomienda solicitar a la empresa que transporta los residuos (TRISAPP), la trazabilidad de estos y asimismo solicitar a SANIRENT la información sobre el tratamiento que reciben los RP que les entregan. En su defecto, sería viable que el CIICAp cuente con una bitácora de trazabilidad de los residuos, en el que se establezca el generador, el residuo, la cantidad, el transportista y el sitio de destino final, así como las autorizaciones de cada uno. Esto con el fin de saber y cerciorarse que sus residuos hayan cumplido un manejo adecuado. Un ejemplo de este documento se muestra en el anexo B.

De igual manera, contar con la bitácora antes mencionada, facilitará la entrega de información de la unidad generadora (CIICAp) a la UAEM, esto con el fin de evitar variabilidades en las cantidades reportadas tanto por la unidad generadora como la UAEM. Así también permitirá conocer con claridad los tipos y cantidad de residuos que se generan en dicho centro de investigación.

Finalmente, para que los responsables ambientales conozcan el manejo, tratamiento y disposición de los residuos se recomendaría organizar una visita guiada tanto a la empresa transportista (TRISAPP), en la cual se podrá conocer las condiciones en las que opera el centro de acopio temporal y así también a SANIRET. Esto además de proveerle información a los responsables ambientales sobre el ciclo de vida de los RP que se generan en la UAEM, reforzaría sus conocimientos en la materia puesto que podrían observar cómo se llevan a cabo los diversos procesos que conlleva el manejo.

INDICADORES DE MEJORA

El establecer indicadores relacionados con la gestión de los residuos puede mostrarnos los avances o no derivados de la implementación de nuevas medidas establecidas en el plan de manejo, por tal motivo a continuación, se sugieren las siguientes estrategias e indicadores de mejora.

- Revisar al término de cada año si las corrientes de residuos plasmadas en el plan de manejo no han variado y de ser así el caso, corregir el plan y adecuar los nuevos residuos.
- Revisar al término de cada año los costos derivados del manejo de los residuos y contemplar la búsqueda de diferentes prestadores de servicio.
- Continuamente verificar la legislación aplicable en la materia.

Por otro lado, en cuanto a indicadores cuantificables, se pueden aplicar los establecidos previamente por Salazar-Sotelo (2020), los cuales son los siguientes:

Para el caso de minimización, menciona que con la siguiente fórmula se pueden determinar los porcentajes alcanzados:

$$\text{Minimización de residuos químicos} = \frac{RQGpa - RQGpn}{RQGpa} * 100$$

Donde:

RQGpa: Cantidad de residuos químicos generados en el periodo anterior (Kg)

RQGpn: Cantidad de residuos químicos generados en el nuevo periodo (Kg)

Por último, también se pueden aplicar indicadores sobre las capacitaciones que se realizan referente al manejo de los RP. La siguiente fórmula puede ser utilizada para establecer el porcentaje de capacitaciones que se realizan en función de las capacitaciones programadas.

$$\text{Capacitaciones realizadas} = (CR/CP) * 100$$

Donde:

CR: Capacitaciones realizadas

CP: Capacitaciones programadas

Asimismo, la siguiente fórmula se puede utilizar para conocer el porcentaje de asistencia de las personas a las capacitaciones. Esta es aplicable en dos contextos, para las personas capacitadas en la UAEM y para el caso específico del personal del CIICAp.

$$\text{Personas capacitadas} = (NPC/NTPC) * 100$$

Donde:

NPC: Número de personas capacitadas

NTPC: Número total de personas convocadas

Para el CIICAp:

$$\text{Personas del CIICAp capacitadas} = (NPCC/NTPCC) * 100$$

Donde:

NPCC: Número de personas del CIICAp capacitadas

NTPCC: Número total de personas del CIICAp convocadas

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

Se consultó la generación de residuos peligrosos de la UAEM y el CIICAp en los informes anuales del año 2015 al 2019, de igual manera se solicitó información a la Dirección General de Desarrollo Sustentable de la UAEM la cual informó sobre las empresas encargadas del manejo, tratamiento y disposición final de los RP. Asimismo, el coordinador operacional de los RP del CIICAp proveyó información referente a la generación del CIICAp en el periodo de años mencionado, así como características del almacén y algunas particularidades del manejo de los RP. Por último, se consultaron planes de estudio del CIICAp y su página web para conocer las actividades que desarrollan.

Se realizó un diagnóstico situacional que permitió conocer la cantidad, tipo y características de los RP generados en el CIICAp, así como insuficiencias en diferentes fases del manejo de los residuos, a continuación, se enuncian diferentes puntos hallados en el diagnóstico:

- Del año 2017 al 2019, el CIICAp añadió 8 laboratorios más a sus instalaciones.
- La información de la generación de RP del CIICAp recabada de los informes anuales de la UAEM y del coordinador operativo, muestra variabilidad en las cantidades puesto que no coinciden unas con otras.
- No se conoce puntualmente la composición de los residuos que se generan debido a que estos se generalizan.
- No está establecida una ruta interna para el transporte de los RP (del CIICAp al almacén temporal).
- Se desconoce si el CIICAp o la UAEM está registrado como generador de residuos peligrosos.
- Se desconoce el tipo de tratamiento y/o disposición final que reciben los RP.
- El almacén donde se depositan los residuos de las lámparas fluorescentes no es el adecuado debido a que no cumple con las características estipuladas en el artículo 15 del Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos.
- De acuerdo con el procedimiento de la NOM-054-SEMARNAT-1993 aplicado a los residuos, se encontraron dos diferentes mezclas de residuos que tienen características de incompatibilidad.

De acuerdo con el artículo 5, fracción XIX de la LGPGIR, el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp) se cataloga como microgenerador de residuos peligrosos.

Con base en el diagnóstico realizado, se plantearon estrategias de minimización, valorización, sugerencias en diferentes fases del manejo e indicadores con el fin de que puedan derivar en la mejora de la gestión de los RP del CIICAp. Algunas de las sugerencias planteadas son, el envasado, etiquetado, uso de equipo de protección personal (EPP), almacenamiento en función de la compatibilidad de los residuos, bitácoras de trazabilidad, visitas a los sitios de destino final, entre otras.

CAPITULO VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda verificar mensualmente el llenado de la bitácora de trazabilidad, con el fin de asegurar que la actividad se esté llevando a cabo.

Evaluar anualmente el indicador de minimización de residuos, para que de esta forma se determine la efectividad de las estrategias y según sea el caso, se tomen las medidas necesarias de acuerdo con el resultado obtenido.

Evaluar periódicamente los indicadores de capacitaciones del personal, en materia de residuos peligrosos.

Diseñar la ruta de recolección y transporte interno de los residuos peligrosos, debido a que no pudo ser diseñada en el periodo de estudio.

Si es posible, mejorar el Plan de Manejo de residuos peligrosos de acuerdo con la situación que impere en el momento para su posterior registro

REFERENCIAS

- Angulo Abreo, L., & Romero Restrepo, M. (2006). *Análisis de alternativas para el manejo de lámparas fluorescentes de tubo desechadas-área metropolitana del valle de Aburrá*. Tesis de Licenciatura. Universidad La Salle.
- Artunduaga, M. T., Salazar, G. M. L., & García, T. F. (2015). *Impacto en la salud por el inadecuado manejo de los residuos peligrosos*. Ing. USBMed, 6(2), 46–50.
- Batta-Velázquez, E., & Olmedo-González, A. P. (2015). *Diseño E Implementación De Un Procedimiento Para El Manejo De Los Residuos Peligrosos Generados Por El Laboratorio De Operaciones Unitarias De Upiig, Con Base En La Norma 052*. Instituto Politécnico Nacional.
- CCOO de Madrid. (2008). *Exposición laboral a disolventes*.
- Castillo-Carrasco, A. (2012). *Guía general para la elaboración de un plan de manejo de residuos peligrosos*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Centro de Investigación en ingeniería y Ciencias Aplicadas. (30 de mayo del 2020). Disponible en: <http://www2.ciccap.uaem.mx/nosotros.php>
- Cisproquim. (2005). *Ácido sulfúrico*. Colombia. SDS: 1830
- Cisproquim. (2005). *Ácido acético*. Colombia. SDS. 2789nnn
- Cortinas-Nava, C. (2006). *Bases para legislar la prevención y gestión integral de los residuos*. 1era. Ed. SEMARNAT, SGPA, DGGIMAR. México, DF pág, 14, 15-47.
- Cortinas-Nava, C. (2007). *Regulación de los Residuos Peligrosos en México*. SEMARNAT.
- CTR Cientific. (s/f). *Ácido acético*. México. SDS: 2789
- De Rosa, C. T., Fay, M., Keith, L. S., Mumtaz, M. M., Pohl, H. R., Hatcher, M. T., Hicks, H. E., Holler, J. S., Ruiz, P., & Johnson, B. L. (2016). *Hazardous Wastes*. In International Encyclopedia of Public Health (Second Ed., Vol. 3). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803678-5.00180-6>
- Dimas-Vallina, D. (2010). *Valorización energética de residuos en la industria cementera española*. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. Madrid, España.
- Díaz-Barriga, F. (1996). *Los residuos peligrosos en México, evaluación del riesgo para la salud* (Issue 2405).
- Díaz Álvarez, C. J. (2014). *Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades*. INTERdisciplina, 2(2), 51–70. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2014.2.46524>
- Foladori, G. (2007). *La reedición capitalista de las crisis ambientales*. Polis. Revista Latinoamericana, 17.
- Goel, S. (2017). *Solid and hazardous waste management: An introduction*. In Advances in Solid and Hazardous Waste Management. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57076-1_1
- Hernández, Villagómez, G. F., & Gómez, J. S. (1995). *Manual Para El Tratamiento Y Disposición Final De Medicamentos Y Fármacos Caducos*. In Cenapred. https://www.pediatría.gob.mx/archivos/burbuja/10_farmacos.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2020a). *El manejo actual de los residuos: condicionantes y consecuencias* <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/283/cap2.html>

- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2020b). <http://www.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/139/introduccion.html>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2020c). *Compromisos Internacionales*. <http://www.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/495/compromisos.html>
- Limón-Rodríguez, B. (2000). *Residuos peligrosos en el estado de Nuevo León, situación actual y perspectivas*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Magni-Belmont, S. (2018). *Implementación de un plan de manejo de residuos peligrosos en un instituto de investigación*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Márquez, F. (2013). *Manejo Seguro de Residuos Peligrosos*. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Merck. (2017). *Sulfato de plata*. Canadá. No. CAS: 10294-26-5
- Merck. (2018). *Dicromato de potasio*. Canadá. No. CAS: 7778-50-9
- Meyer, R. (2018). *Manejo de Desechos Químicos para Laboratorios*. 1–48. https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_9/9.3_internationale_zusammenarbeit/publikationen/Get_an_Insight_into_Our_Instruments/PTB_Info_Chemical-Waste-Management_SP.pdf
- Misra, V., & Pandey, S. D. (2005). *Hazardous waste, impact on health and environment for development of better waste management strategies in future in India*. Environment International, 31(3), 417–431. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.08.005>
- Olivarez González, T. M. (2020). *Degradación de colorantes textiles por medio de enzimas lacasa generadas por los hongos Ganoderma lucidum (Curt: Fr.), y Psilocybe zapotecorum (Heim emend. Guzmán)*. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
- Ortiz-Hernández. (s/f). *La aplicación de la normatividad en materia de residuos peligrosos: planes de manejo, almacenes temporales y registro ante la semarnat*.
- Ortíz-Hernández, M. L., Sánchez-Salinas, E., Terrazas-Hoyos, H., Lara Manrique, J. C., & Macedo Abarca, B. (2013). *Manual Verde Universitario*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Pablos, M. V. (2014). Hazardous Waste. In *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition* (Third Edit, Vol. 2). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00464-4>
- Periodico oficial “Tierra y Libertad.” (2007). *Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos*. 1–79. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mex142138.pdf>
- Planesco. (s/f). *Manifestación de impacto ambiental – Modalidad Particular – Reciclaje de Solventes Usados en la Planta Industrial*. Teoloyucan, México.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la CDMX (2020). *Tratados internacionales de México*. http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/estadisticas_ambientales_2000/04_Dimension_Institucional/04_10_Cooperacion_internacional/RecuadroIV.10.1.pdf
- Proquimort. (2012). *Hidróxido de potasio* Colombia. SDS: 1813
- Riva Juan, M., Vilaseca i Vallvé, M. M. M. M., & Crespi Rosell, M. (1988). *Biodegradabilidad, toxicidad y acumulación del colorante ácido azul omegacromo en la trucha arco iris" Salmo Gairdneri"*.

- Roth. (2019). *Hexano*. Alemania. No. CAS: 110-54-3
- Salazar-Sotelo, P. (2020). *Evaluación y seguimiento del manejo de residuos especiales y peligrosos generados en la universidad de córdoba- campus berástegul* (Vol. 21, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027>
- Sánchez Muñoz, C. (2014). *Propuesta de plan de manejo de residuos peligrosos generados en la Universidad del Mar* (p. 54).
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1988). *Ley General Del Equilibrio Ecológico Y La Protección Al Ambiente*. Diario Oficial de La Federación, 1–135.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1993). 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*. Diario Oficial de La Federación, 59.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003a). *Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos*. Diario Oficial de La Federación, 1–53.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003b). NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 *Protección ambiental - salud ambiental - residuos peligrosos biológico infecciosos - clasificación y especificaciones de manejo*. Diario Oficial de La Federación, 10, 10–23.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2005). *Nom-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procesamiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos*. Diario Oficial de La Federación, 1–32.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2006). *Reglamento de la Ley General para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos*. Diario Oficial de La Federación, México, 30 de noviembre de 2006. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO2007.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2007). *Regulación de los Residuos Peligrosos en México*. In Semarnat.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en Mexico. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. (p. 361). <http://www.semarnat.gob.mx>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México 2015* (p. 498). SEMARNAT.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). *Informe de la situación del medio ambiente en México 2018* (p. 490). file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc_o_00042_01.pdf
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos* (Vol. 11). https://www-m-culture.go.th/mculture_th/download/king9/Glossary_about_HM_King_Bhumibol_Adulyadej's_Funeral.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas*. Disponible en: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia_mce/html/01_ambiental/residuosPeligrosos.html
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2008). NOM-017-STPS-2008. *Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo*. Diario Oficial de la Federación, México, 9 de diciembre de 2008.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2015). 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, México, 9 de octubre de 2015.

- Shulman, V. L. (2011). Trends in Waste Management. In *Waste*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381475-3.10001-4>
- Sigma-Aldrich. (2012). *Sulfato de mercurio*. México. No. CAS: 7783-35-9
- Sigma-Aldrich. (2014). *Bromuro de litio*. España. No. CAS: 7550-35-8
- Sifatec. (2013). *Sales inorgánicas*. México. No. CAS: No aplica
- Sivaramanan, S. (2015). *Manejo de residuos peligrosos en laboratorios de universidades*. 1–7. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1404.2088>
- ThermoFisher. (2021). *Sulfato de plata*. Reino Unido. No. CAS: 10294-26-5
- Úbeda-Aura, J. (2012). *Adsorbentes a partir de residuos. Estudio de lixiviación de metales* [Universidad Politécnica de Valencia]. [https://doi.org/10.1016/0026-2862\(74\)90022-3](https://doi.org/10.1016/0026-2862(74)90022-3)
- UNAM. (2016). *Ácido sulfúrico*. México. SDS: 1830
- Universidad Autónoma de Madrid. (2017). *Manejo de residuos peligrosos en la Universidad Autónoma de Madrid* (Vol. 110, Issue 9).
- Universidad Autónoma de Occidente. (2011). *Guía De Manejo De Residuos Químicos*. In Proyecto Fondef D97F1066. <http://www2.udec.cl/sqrt/reglamento/reglresiduos.html>
- Universidad Nacional Heredia. (2016). *Hidróxido de potasio*. Costa Rica. MSDS No. 1310-58-3
- Universidad Autónoma del Estado de Morelos. UAEM (2016a). *Manual Ambiental* (p. 35). Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <https://www.uaem.mx/progau/archivos/SGA/M-SGA-001 Manual Ambiental.pdf>
- UAEM. (2016b). *Cuarto informe de actividades 2015-2016*. Morelos, México.
- UAEM. (2017a). *Plan de estudios maestría en comercialización de conocimientos innovadores*. Morelos, México.
- UAEM. (2017b). *Quinto informe de actividades 2016-2017*. Morelos, México.
- UAEM. (2018). *Primer informe de actividades 2017-2018*. Morelos, México.
- UAEM. (2019a). *Plan de estudios del doctorado en ingeniería y ciencias aplicadas*. Morelos, México.
- UAEM. (2019b). *Segundo informe de actividades 2018-2019*. Morelos, México.
- University of Ottawa. (2014). *Hazardous Waste Procedures*.
- University of southern maine. (2018). *Hazardous waste management plan* (pp. 1–10).
- University of Tennessee. (2008). *Laboratory Hazardous Waste Management Guide*.
- University of Wollongong Australia. (2018). *Laboratory waste disposal guidelines* (p. 9). <https://doi.org/10.1038/363018b0>
- Western Carolina University. (2020). *Laboratory waste management plan*.
- Zambrano, M., Casanova, R., Prada, J., Arencibia, G., Vidal, A., & Capetillo, N. (2012). *Bioacumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcoida: Arcidae). *Gayana*, 76(1), 1–9. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382012000200001>

ANEXO A. Almacén temporal de residuos peligrosos del CIICAp



ENTRADA HACIA EL ALMACÉN TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSOS DEL
CIICAp



VISTA POR FUERA DEL ALMACÉN DE TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSOS
DEL CIICA_p



INSTALACIÓN ELÉCTRICA ANTIEXPLOSIVA DEL ALMACÉN TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSOS DEL CIICA_p

ANEXO B. Bitácora de trazabilidad de residuos peligrosos



BITÁCORA DE TRAZABILIDAD DE RESIDUOS PELIGROSOS
(Centro de Investigación en Ingenierías y Ciencias Aplicadas)



GENERADOR					TRANSPORTE				DESTINATARIO			
GENERADOR	PROCEDENCIA	DESCRIPCION DEL RESIDUO	LTS / KG DEL RESIDUO	FECHA DE INGRESO A ALMACÉN TEMPORAL	FECHA DE RECOLECCIÓN	No. DE MANIFIESTO	EMPRESA TRANSPORTISTA	AUTORIZACIÓN SEMARNAT	EMPRESA DE DESTINO FINAL	AUTORIZACION SEMARNAT	FORMA DE MANEJO	UBICACIÓN
Lab. De Química	CIICAp	Ácido sulfúrico + dicromato de potasio	3 LTS	01/01/2021	01/06/2021	3055	TRISAPP	15-120-18	SANIRENT	09-II-10-19	Tratamiento	Cuernavaca, Morelos



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
CONSTANCIA DE LA CLAVE ÚNICA
DE REGISTRO DE POBLACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DEL
REGISTRO NACIONAL DE POBLACIÓN
E IDENTIDAD



Clave:
NOAS950912MTCTCN03

Nombre:
SONIA THALIA NOTARIO ACOSTA



Soy México

Fecha de inscripción	Folio	Entidad de registro
14/05/1999	37134578	TABASCO



127004199505309

CURP Certificada: verificada con el Registro Civil

SONIA THALIA NOTARIO ACOSTA

PRESENTE

Ciudad de México, a 30 de diciembre de 2019

El derecho a la identidad está consagrado en nuestra Constitución. En la Secretaría de Gobernación trabajamos todos los días para garantizar que las y los mexicanos gocen de este derecho plenamente; y de esta forma puedan acceder de manera más sencilla a trámites y servicios.

Nuestro objetivo es que el uso y adopción de la Clave Única de Registro de Población (CURP) permita a la población tener una sola llave de acceso a servicios gubernamentales, ser atendida rápidamente y poder realizar trámites desde cualquier computadora con acceso a internet dentro o fuera del país.

Nuestro compromiso es que la identidad de cada persona esté protegida y segura, por ello contamos con los máximos estándares para la protección de los datos personales. En este marco, es importante que verifiques que la información contenida en la constancia anexa sea correcta para contribuir a la construcción de un registro fiel y confiable de la identidad de la población.

Agradezco tu participación.

LIC. OLGA MA. DEL CARMEN SÁNCHEZ CORDERO DÁVILA

SECRETARIA DE GOBERNACIÓN



Estamos a sus órdenes para cualquier aclaración o duda sobre la conformación de su clave en **TELCURP, marcando el 01 800 911 11 11**

La impresión de la constancia CURP en papel bond, a color o blanco y negro, es válida y debe ser aceptada para realizar todo trámite.

TRÁMITE GRATUITO

Los Datos Personales recabados, incorporados y tratados en la Base de Datos Nacional de la Clave Única de Registro de Población, son utilizados como elementos de apoyo en la función de la Secretaría de Gobernación, a través de la Dirección General del Registro Nacional de Población e Identidad en el registro y acreditación de la identidad de la población del país, y de los nacionales residentes en el extranjero; asignando y expidiendo la Clave Única de Registro de Población. Dicha Base de Datos, se encuentra registrada en el Sistema Persona del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales (<http://persona.ifai.org.mx/persona/welcome.do>). La transferencia de los Datos Personales y el ejercicio de los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, deben realizarse conforme a la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de los Sujetos Obligados, y demás normatividad aplicable. Para ver la versión integral del aviso de privacidad ingresar a <https://renapo.gob.mx/>

- Clave Conacyt del tesista: 1080432
- Clave Conacyt del Director(a) de tesis: 437149

Cuernavaca, Morelos a 04 de Abril del 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **SONIA THALÍA NOTARIO ACOSTA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036997**, BAJO EL TÍTULO “PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS (CIICAp) DE LA UAEM”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

Dr. Jorge Antonio Guerrero Alvarez
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JORGE ANTONIO GUERRERO ALVAREZ | Fecha:2022-04-04 11:21:21 | Firmante

iJumYgF9pMOwdVKzPui7FLphAk2t3aFvIcHs8dH4uV+nCZvhyzrbVjz+UzEieUa7MblwkySx3sqOwGbtZRTaHWid7JYOVVKhL03hxCG9FR/GBNCu95WWDIwkEwgGGUFESgGfJfadK9qzFwCWTnRj8Qdl3hLi6tKYFqKmxAbEtmHulZJV0py2U6yd+3LQTrZyMa2vwhVaBZvzG5ozf/MhKx+M4u/+wj4r84IUy7nHip981uPzZzRAxdoEDRUOzOo0iMilPgyjeiCCRFcBYEdvYIGSn7gQIn3UdrohFG67mX2nmEqglLSELpzSk/w55VNu2l0XznQ2PaKaFUKGGE/hcg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



XIT5JN6CA

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Kc648EhBlrYS4rUvg2H0aNFL7Bde0yRO>



Cuernavaca, Morelos a 06 de abril del 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **SONIA THALÍA NOTARIO ACOSTA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036997**, BAJO EL TÍTULO “PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS (CIICAp) DE LA UAEM”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

DRA. MAURA TÉLLEZ TÉLLEZ
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MAURA TELLEZ TELLEZ | Fecha:2022-04-06 11:53:20 | Firmante

f0Cjj3E5yN6JBCRPuTMr+FrK7DbqR37FbA0nWRyuu1LsGAsJwC//jjRdiOGejAc7W+M3czVp09jx4B/WwhUYJLks4KALIAEnC7qQo4HXnc7fDQzyyKSqcxXHn+QXae6D1EhvfSPbV8r1RIT5Zpv6FezNtnJbdbOmavmIM8LF25ljuvSxEaqHniK/rTR9kdQ9OzGgtl+aCXCJ2MddoSXC5dN8XDd2AVzc3VxT346yk4f/LzMtAu0ITkcADdczsDDbgF3l3oYbvF8xYuf47JQqzzOmTDhWN9z1gaceyY6QBsh2E5/njDuzVOe4FgHds6hb15KtP0BcoxWWbhH9dKew==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[YT19eoLwx](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/f6WCM90Fq97jAqlzw8l3tPWswGjblyQx>



Cuernavaca, Morelos a 02 de abril del 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **SONIA THALÍA NOTARIO ACOSTA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036997**, BAJO EL TÍTULO “PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS (CIICAp) DE LA UAEM”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

M en MRN. JULIO CESAR LARA MANRIQUE
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JULIO CESAR LARA MANRIQUE | Fecha:2022-05-13 22:02:12 | Firmante

AHMTD/tMAkwQ+LKaUUGTe1wYt6LUILZDx4pRS8TKCzkVlg+zHYm4jk4bXPhgCkZkOeRneo3cur41sMVBUuTNIz/c7KiRwjzhs579EvYUWOk7GM/HHKSvioUeIOAr4mjZVJXmhd
y7AYFDX5RaCS4NzrAWiE+jdyqRqsb7jy64KdsyCcBzFDPbmYVyk9enFW6ulHLjbPQAkJR6kAD7qjftVrZRfON8+1c+N6TsApaGMI2H4+208Is4nrq97RI+eneCipdYzumc22uiLZpS
ltd5D6RiPELOFivlr0MUaAjX41oGTRB+FeGc5+Cm2KMnr3yFdMbAg1KkZcHT6uVUT7NyA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[h4HZ2IAOS](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/eObV2AHlfC0zH672t2HHjwDgjtSuuv1Y>



Cuernavaca, Morelos a 04 de abril del 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. SONIA THALÍA NOTARIO ACOSTA, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036997**, BAJO EL TÍTULO “**PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS (CIICAp) DE LA UAEM**”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

M en MRN. BENEDICTA MACEDO ABARCA.
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

BENEDICTA MACEDO ABARCA | Fecha:2022-04-04 13:22:40 | Firmante

aNdnppm8wompvW2h4Syj/Ocoh6NtxBV+XtkOPLVxTdExihhSdNlIfdP0bTaSvAB6tJERYcjbLDJYdxwWV5ID9xghGQnmwNUoiei2TpM3T6ThPQdGO+B5RfkD2yv5TAUFunUv/PIP
uJMk9YmLM3xdvS1Dn9pBQFIMkirHJjFEfYrfJmz7jtqZK7ieelFxKxvRRIFbl4jveLwm7KysOllir/LbHg9b8ccQRNPzbNmL1h6ykHmO4JmjwNZ4rSVSt8pEdYtLpm+mOzj7t8g2FoOCL
7Tm2E7Y2xU+xmTrW5EIOBFA+baLTiLBGObsQKeTwxx7NvVSBM4i7MhnsiG36jJVDrge==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[tezchQHWy](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/dyWRJSJDPJRq2k835Etfy1G5BSGlyCpc>



Cuernavaca, Morelos a 25 de Abril del 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **SONIA THALÍA NOTARIO ACOSTA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036997**, BAJO EL TÍTULO “PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS (CIICAp) DE LA UAEM”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

M en I. ARIADNA ZENIL RODRIGUEZ
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ARIADNA ZENIL RODRIGUEZ | Fecha:2022-04-25 09:48:37 | Firmante

HM8URRyMDNPIO2jpVH2fwTXwq+tdbvVaXtSLr9n0yDj4M2EaGn6YiQj2NBvEL3CwUyksZYi1xUR54nyH9tR+/0ILt0Y4tdHYe8DdCk9SXUztMPvoknapNXwKCT2Ryx4IXL1YCCO
m2xw8F7fo7KQzrdm58sw2Tx+PktHvntdgWVeiTI+nOILCUBDzwEKUa1n+B+em6uJObjG2oPGy+RabGZZ14HwZ1HP/vUXKNBseme+WX/kpijh8fmpghNVIWk9Oo3CtOG0FSyCt
goPSY3+Gj9GS62sK2HJnMUu38AeykJJ/uHHv+WiqcSRHEDblU05aJZ2+Mypn+XRsrU6jBHFcQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[opZ2rczaH](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/XLiX2XIQzdtQwjngqYjUgWgL0eyPpNNi>

