

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

**“DISEÑO DE UN PLAN PARA LA GESTION DE RESIDUOS
PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS EN EL LABORATORIO DE
CALIDAD AMSPEC DE MÉXICO”**

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

ISRAEL SANTIAGO MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M.I.I ROCÍO SÁNCHEZ ESCOBAR

Xoyotitla, municipio de Álamo Temapache, Ver. abril 2026.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme llegar este punto tan relevante de mi vida, que desde niño a adulto siempre ha estado presente en los momentos más trascendentes y que así mismo, en los no tan agradables. Gracias por brindarme sabiduría en los momentos que más lo necesité, por hacerme ver los momentos y los caminos correctos cuando creía que no podía y lo más importante brindarme la salud para llegar hasta donde hoy me encuentro.

A mis padres Lulú e Israel, que han sido un gran ejemplo y los mejores maestros que Dios me ha dado en esta vida. Muchas gracias por todos sus esfuerzos, su paciencia, la comprensión que me han tenido y por siempre brindarme todo su apoyo a lo largo de este camino. A mi hermana Karol, gracias por siempre aportar su toque especial en cada un momento importante y que, gracias a eso, los resultados han sido mejor de lo que esperaba, gracias por tu apoyo, paciencia y por brindarme una sonrisa en los momentos que lo requería.

A mis seres queridos que se me adelantaron y que me vieron empezar este proceso de aprendizaje, gracias por cada momento e historias compartidas, por sus palabras de apoyo y motivación, así como ánimos que tenían por verme terminar mi carrera profesional. Hoy de donde que quieran que estén, les quiero compartir mi triunfo y que por fin culmine mis estudios.

A toda mi familia, que también son parte de mi éxito, gracias por todas sus palabras de motivación, sus pláticas y consejos que me han brindado a su modo y su manera pero que siempre llevare conmigo.

A mis amigos y amigas que obtuve a lo largo de este camino, gracias principalmente por permitirme ser más que su compañero, gracias por todo esos momentos e historias compartidas, sus pláticas y su apoyo en los momentos que lo requería. Y que raíz de ello surgiera más que una amistad, a mi novia le quiero decir gracias por apoyarme cuando lo necesite, por compartir una parte de ti conmigo y convertirte en una persona tan especial para mí.

A todas y a todos, GRACIAS.

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló en el laboratorio de calidad de AmSpec de México Grupo Tuxpan, empresa dedicada al análisis fisicoquímico de combustibles, diésel y productos derivados de hidrocarburos. Como resultado de sus actividades, se generan residuos peligrosos y no peligrosos que requieren un manejo adecuado conforme a la normatividad ambiental vigente. Sin embargo, se identificó la inexistencia de un plan estructurado y documentado para la gestión de residuos, así como la falta de registros, la ausencia de estandarización de procesos y la carencia de evaluaciones del cumplimiento normativo, lo que genera riesgos operativos, ambientales y legales, además de dificultar el control y seguimiento de los residuos.

El objetivo general del proyecto fue diseñar un plan de gestión de residuos peligrosos y no peligrosos que permita mejorar su manejo integral y fortalecer el cumplimiento normativo en el laboratorio. Para su desarrollo, se empleó el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), permitiendo estructurar el trabajo bajo un enfoque de mejora continua. En la fase de planificación, se analizó la normatividad aplicable; en la fase de ejecución, se clasificaron los residuos mediante una matriz basada en características CRETIB y se identificaron incompatibilidades; en la fase de verificación, se aplicó un checklist normativo para evaluar el grado de cumplimiento; y finalmente, se analizaron los procesos mediante un diagrama de flujo.

Como resultado, se obtuvo un diagnóstico integral del manejo de residuos y se establecieron acciones de mejora orientadas a la implementación de un plan que fortalezca el control, la seguridad operativa y el cumplimiento legal.

PALABRAS CLAVE

- Gestión integral de residuos
- Residuos CRETIB
- Cumplimiento normativo
- Mejora continua
- Ciclo PHVA

ABSTRAC

This project was developed in the quality laboratory of AmSpec Mexico Grupo Tuxpan, a company dedicated to the physicochemical analysis of fuels, diesel, and hydrocarbon-derived products. As a result of its activities, hazardous and non-hazardous waste is generated that requires proper management in accordance with current environmental regulations. However, the absence of a structured and documented waste management plan was identified, as well as the lack of records, the absence of process standardization, and the lack of compliance evaluations, which generates operational, environmental, and legal risks, in addition to making it difficult to control and monitor the waste.

The general objective of the project was to design a hazardous and non-hazardous waste management plan that allows for improving its comprehensive handling and strengthening regulatory compliance in the laboratory. For its development, the PDCA cycle (Plan, Do, Check, and Act) was used, allowing the work to be structured under a continuous improvement approach. In the planning phase, the applicable regulations were analyzed; in the execution phase, the waste was classified using a matrix based on CRETIB characteristics and incompatibilities were identified; in the verification phase, a regulatory checklist was applied to assess the level of compliance; and finally, the processes were analyzed using a flowchart.

As a result, a comprehensive diagnosis of waste management was obtained and improvement actions were established aimed at the implementation of a plan that strengthens control, operational safety, and legal compliance.

ÍNDICE

1. Introducción..... 1

1.1 Antecedentes..... 2

1.2 Planteamiento del problema..... 3

1.3 Justificación 4

1.4 Hipótesis 5

1.5 Objetivos..... 5

1.5.1 Objetivo General 5

1.5.2 Objetivos específicos 5

2. Marco teórico..... 6

2.1 Gestión de residuos peligrosos y no peligrosos 6

2.2 Generación de residuos en laboratorios de análisis de hidrocarburos..... 7

2.3 Normatividad ambiental aplicable en México 7

2.4 Enfoque de gestión integral de residuos 8

2.5 El ciclo PHVA como herramienta de mejora continua..... 8

2.5.1 Fase Planificar 9

2.5.2 Fase Hacer..... 9

2.5.3 Fase Verificar..... 9

2.5.4 Fase Actuar 9

2.6 Herramientas para la gestión de residuos 9

2.6.1 Matriz CRETIB..... 9

2.6.2 Matriz de incompatibilidades 9

2.6.3 Diagramas de flujo 9

2.7 Importancia del control documental..... 10

2.8 Contexto del problema en el laboratorio AmSpec 10

2.9 Relación del marco teórico con la investigación 10

3. Estado del arte..... 11

4. Metodología..... 14

4.1 Planificar..... 14

4.2 Hacer..... 14

4.3 Verificar..... 28

4.4 Actuar 36

5. Análisis y discusión de resultados..... 38

6. Conclusiones..... 45

Anexos..... 48

Referencias bibliográficas..... 50

INDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Check list (Cumplimiento normativo real en AmSpec).	15
Ilustración 2. Check list 2. Cumplimiento normativo real en AmSpec.	16
Ilustración 3. Diagrama de flujo del proceso de manejo de residuos.	27

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Comparativa de investigaciones.	13
Tabla 2. Rangos de nivel de cumplimiento 1.	16
Tabla 3. Residuos generados.	17
Tabla 4. Clasificación CRETIB de los residuos generados en AmSpec.	23
Tabla 5. Clasificación 1. Residuos no peligrosos.	24
Tabla 6. Clasificación 2(Residuos por grupo).	25
Tabla 7. Matriz de Incompatibilidad de los residuos generados en AmSpec.	25
Tabla 8. Rangos de nivel de incompatibilidad 2.	25
Tabla 9. Verificación de cumplimiento de NOM-052-SEMARNAT-2005.	28
Tabla 10. Verificación de cumplimiento de NOM-053-SEMARNAT-1993.	28
Tabla 11. Verificación de cumplimiento de NOM-054- SEMARNAT-1993.	29
Tabla 12. Verificación de cumplimiento de NOM-001-ASEA-2019.	29
Tabla 13. Interpretación de la verificación de normatividad.	30
Tabla 14. Clasificación 3. Residuos por clasificación.	31
Tabla 15. Verificación de porcentaje por características CRETIB.	31
Tabla 16. Verificación de incompatibilidades por grupos.	33
Tabla 17. Verificación de porcentaje total por incompatibilidades.	33
Tabla 18. Verificación de control de las etapas del proceso.	35
Tabla 19. Resultados de cumplimiento normativo.	38
Tabla 20. Distribución de residuos peligrosos según CRETIB.	40
Tabla 21. Resultados de la matriz de incompatibilidades.	42
Tabla 22. Nivel de control del proceso.	43
Tabla 23. Marco normativo (NOM).	48
Tabla 24. Marco normativo aplicable 2 (NOM).	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1. Cumplimiento normativo	39
Gráfico 2. Porcentaje de residuos por características.	40
Gráfico 3. Incompatibilidades por grupo.	42
Gráfico 4. Porcentaje por etapas del proceso.	44

1. Introducción

Actualmente, una correcta gestión de los residuos peligrosos y no peligrosos es un objetivo muy importante, principalmente para las empresas pertenecientes al sector de servicios de inspecciones, pruebas y certificación, como lo es AmSpec de México, que se enfoca al sector energético e hidrocarburos, ya que realizan el control de calidad y verificación en combustibles, gasolinas, diésel, aceites, productos industriales y agrícolas. Operando bajo prestigiosas certificaciones emitidas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) como ISO 17025:2017, ISO 17020:2012, ISO 27001:2022, ISO 37001:2016 e ISO 9001:2015.

Sin embargo, el laboratorio de calidad de AmSpec enfrenta un gran problema, ya que no cuenta con un manejo (adecuado de los residuos peligrosos y no peligrosos, derivado de la ausencia de un plan bien estructurado, que les ayude a discernir los riesgos asociados a la seguridad del personal y el incumplimiento de la normatividad vigente, respecto a los residuos que se generan. Por lo cual, el objetivo de este proyecto consiste en diseñar un plan para la adecuada gestión de los residuos, tanto peligrosos, como no peligrosos, que se generen dentro del laboratorio de calidad. Dicho proyecto se desarrollará implementando el ciclo PHVA, y el uso de herramientas estadísticas. Mediante este enfoque, se pretende identificar el grado de cumplimiento normativo, las principales oportunidades de mejora y los riesgos que tengan que ver con el manejo de residuos, así como de proponer acciones de mejora. Los resultados obtenidos permitirán desarrollar un diagnóstico que funcione como base para la toma de decisiones), así como la implementación futura de mejoras en el manejo de residuos, promoviendo el cumplimiento de la normatividad y la mejora continua dentro de la empresa.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende reforzar las practicas internas dentro del laboratorio de AmSpec, relacionado con la adecuada gestión de los residuos, fomentando una cultura de seguridad y de cumplimiento normativo dentro de la empresa, que a la vez servirá como una guía para facilitar las decisiones al momento de gestionar los residuos peligrosos y no peligrosos.

1.1 Antecedentes

Residuos peligrosos y no peligrosos

Los residuos peligrosos son aquellos que poseen características CRETIB: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o biológico-infecciosas, las cuales representan un riesgo significativo para la salud y el ambiente (SEMARNAT, 2005). Los residuos no peligrosos, aunque no presentan estas características, requieren control para evitar impactos secundarios como contaminación o acumulación inadecuada.

Gestión integral de residuos

La gestión integral de residuos es el conjunto de actividades que incluyen la generación, separación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos. Este enfoque busca minimizar impactos ambientales y optimizar el uso de recursos mediante procesos organizados y normados (Guerrero et al., 2013).

Residuos en laboratorios de hidrocarburos

En laboratorios de análisis de combustibles y derivados del petróleo, la generación de residuos es consecuencia directa de los procesos fisicoquímicos. Estos residuos incluyen solventes, reactivos químicos, muestras contaminadas y materiales absorbentes, muchos de los cuales presentan características de peligrosidad que requieren manejo especializado (Skoog et al., 2014).

Normatividad ambiental en México

El manejo de residuos peligrosos en México está regulado por normas oficiales como la NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-053-SEMARNAT-1993 y NOM-054-SEMARNAT-1993, las cuales establecen criterios para su identificación, toxicidad e incompatibilidad. Estas normas buscan garantizar un manejo seguro y prevenir riesgos ambientales y laborales.

Ciclo PHVA como herramienta de gestión

El ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), desarrollado por William Edwards Deming, es una metodología de mejora continua utilizada en sistemas de gestión de calidad y ambiental. Este enfoque permite planificar acciones, ejecutarlas, evaluarlas y corregir desviaciones de manera sistemática.

Asimismo, la norma International Organization for Standardization, a través de la ISO 14001, establece el PHVA como base para los sistemas de gestión ambiental, promoviendo la mejora continua y el cumplimiento normativo dentro de las organizaciones.

Herramientas de análisis en gestión de residuos

Las matrices CRETIB permiten clasificar residuos según su peligrosidad, mientras que las matrices de incompatibilidades ayudan a identificar combinaciones peligrosas entre sustancias. Por su parte, los diagramas de flujo facilitan la visualización de procesos, permitiendo detectar fallas, riesgos y oportunidades de mejora en la gestión de residuos.

1.2 Planteamiento del problema

En el laboratorio de calidad de AmSpec de México se realizan diversos análisis de hidrocarburos mediante procesos fisicoquímicos, los cuales generan aproximadamente 1000 litros de residuos cada seis meses, incluyendo residuos peligrosos y no peligrosos. Estos materiales, debido a sus características, representan riesgos potenciales para la salud del personal, la seguridad operativa y el medio ambiente si no son gestionados adecuadamente conforme a la normatividad vigente.

Actualmente, el manejo de estos residuos se realiza sin un tratamiento específico ni la existencia de un plan estructurado que regule su gestión. Asimismo, se observa la ausencia de lineamientos claros que orienten al personal en la correcta clasificación, segregación, almacenamiento y disposición final de los residuos, lo que incrementa la probabilidad de prácticas inadecuadas, incumplimiento normativo y posibles sanciones legales.

Ante esta problemática, surge la necesidad de diseñar un plan de gestión de residuos peligrosos y no peligrosos que permita establecer procedimientos estandarizados, alineados con la normativa ambiental aplicable en México. Para ello, se propone la implementación del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) como una herramienta que facilite la mejora continua en el manejo de los residuos dentro del laboratorio.

No obstante, el desarrollo del proyecto puede presentar limitaciones, como la falta de acceso a información documental o la inexistencia de bases de datos que contengan registros históricos, lo cual podría influir en el análisis y alcance de los resultados.

1.3 Justificación

La adecuada gestión de residuos peligrosos y no peligrosos representa un aspecto fundamental en empresas del sector de hidrocarburos y análisis, como es el caso de AmSpec de México, debido a los impactos que estos pueden generar en la salud humana, el medio ambiente y la seguridad laboral. En los procesos de laboratorio, particularmente en la realización de pruebas fisicoquímicas sobre distintas muestras, se generan diversos tipos de residuos, algunos de los cuales presentan características de peligrosidad que requieren un manejo específico conforme a la normatividad vigente.

Actualmente, el laboratorio cuenta con ciertas prácticas para el manejo de residuos; sin embargo, no dispone de un plan estructurado y adaptado a las características específicas de los residuos generados durante sus operaciones. Esta situación puede derivar en riesgos operativos, así como en posibles incumplimientos normativos, lo que evidencia la necesidad de establecer lineamientos claros y sistemáticos.

En este contexto, el diseño de un plan de gestión de residuos permitirá identificar, clasificar y establecer procedimientos adecuados para su manejo seguro, con base en el análisis de sus características y en cumplimiento de la normativa aplicable. Asimismo, este proyecto contribuirá al fortalecimiento de las prácticas internas, promoviendo una cultura organizacional orientada a la seguridad, la sostenibilidad y el cumplimiento legal.

Finalmente, la implementación de este plan facilitará la identificación de áreas de oportunidad en los procesos actuales y proporcionará una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la generación, clasificación y manejo de residuos, mejorando así la eficiencia operativa del laboratorio.

1.4 Hipótesis

H1= El diseño de un plan para la gestión de residuos contribuye a la mejora y control de las operaciones en el laboratorio de calidad de combustibles AmSpec.

H°= El diseño de un plan para la gestión de residuos no contribuye a la mejora y control de las operaciones en el laboratorio de calidad de combustibles AmSpec.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un plan para la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos en el laboratorio de calidad AmSpec de México.

1.5.2 Objetivos específicos

- Planificar e identificar los residuos peligrosos y no peligrosos mediante la normatividad aplicable al sector de hidrocarburos.
- Hacer un análisis del manejo de los residuos peligrosos mediante su clasificación CRETIB y evaluación de incompatibilidades.
- Verificar el nivel de cumplimiento del manejo de los residuos, en base a la normatividad aplicable, mediante herramientas de análisis.
- Actuar proponiendo un plan de gestión de residuos peligrosos y no peligroso en base a los resultados.

2. Marco teórico

2.1 Gestión de residuos peligrosos y no peligrosos

La gestión de residuos peligrosos y no peligrosos constituye un eje fundamental dentro de los sistemas de gestión ambiental, especialmente en sectores industriales y de laboratorio donde se manipulan sustancias químicas potencialmente riesgosas. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2005), los residuos peligrosos son aquellos que presentan características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o biológico-infecciosas (CRETIB), las cuales implican riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

En contraste, los residuos no peligrosos son aquellos que no presentan dichas características; sin embargo, su manejo inadecuado puede generar impactos ambientales negativos, por lo que también requieren control y disposición adecuada. En este sentido, la gestión integral de residuos implica un conjunto de actividades que incluyen la generación, identificación, clasificación, segregación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final (Pichtel, 2014).

La importancia de una adecuada gestión radica en la prevención de riesgos, la reducción de impactos ambientales y el cumplimiento de la normativa vigente. Diversos estudios han demostrado que la falta de sistemas estructurados de gestión de residuos incrementa la probabilidad de incidentes, contaminación ambiental y sanciones legales (Kaza et al., 2018).

2.2 Generación de residuos en laboratorios de análisis de hidrocarburos

Los laboratorios de análisis fisicoquímico, particularmente aquellos enfocados en combustibles y derivados del petróleo, generan una amplia variedad de residuos como resultado de sus procesos operativos. Estos residuos incluyen solventes orgánicos, reactivos químicos, muestras contaminadas y materiales absorbentes, muchos de los cuales presentan características de peligrosidad.

Según Skoog et al. (2014), los procesos analíticos implican el uso constante de sustancias químicas que, al ser desechadas, deben ser tratadas como residuos peligrosos. Asimismo, Velázquez et al. (2020) destacan que la correcta segregación y almacenamiento de estos residuos es un factor crítico para prevenir riesgos ocupacionales y ambientales.

En este contexto, la generación de residuos en laboratorios no solo es inevitable, sino que requiere de sistemas de gestión eficientes que permitan su control desde el origen hasta su disposición final. La falta de control en estas etapas puede derivar en la acumulación de residuos incompatibles, incremento de riesgos de incendio o explosión, y exposición del personal a sustancias tóxicas.

2.3 Normatividad ambiental aplicable en México

En México, la gestión de residuos peligrosos está regulada por diversas normas oficiales que establecen los lineamientos para su manejo adecuado. Entre las más relevantes se encuentran:

- **NOM-052-SEMARNAT-2005:** Establece las características, identificación y listado de residuos peligrosos.
- **NOM-053-SEMARNAT-1993:** Determina el procedimiento para evaluar la toxicidad de los residuos.
- **NOM-054-SEMARNAT-1993:** Define la incompatibilidad entre residuos peligrosos.
- **NOM-001-ASEA-2019:** Regula aspectos relacionados con el sector hidrocarburos.

Estas normas tienen como objetivo garantizar un manejo seguro de los residuos, desde su generación hasta su disposición final, minimizando riesgos ambientales y de salud. Sin embargo, diversos estudios han evidenciado que el incumplimiento de estas disposiciones es común en organizaciones que carecen de sistemas de gestión estructurados (Martínez Velázquez, 2024).

2.4 Enfoque de gestión integral de residuos

La gestión integral de residuos se basa en un enfoque sistémico que busca optimizar el manejo de los residuos a lo largo de todo su ciclo de vida. Este enfoque incluye la minimización en la fuente, la reutilización, el reciclaje, el tratamiento y la disposición final segura (Guerrero et al., 2013).

De acuerdo con Ferronato y Torretta (2019), los principales desafíos en la gestión de residuos en países en desarrollo incluyen la falta de infraestructura, la ausencia de políticas efectivas y la limitada capacitación del personal. En este sentido, la implementación de sistemas de gestión permite mejorar la eficiencia operativa y reducir los impactos ambientales.

2.5 El ciclo PHVA como herramienta de mejora continua

El ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), también conocido como ciclo de Deming, es una metodología ampliamente utilizada para la mejora continua de procesos. Este modelo fue desarrollado por William Edwards Deming y se ha convertido en un estándar en sistemas de gestión de calidad y ambiental.

La norma International Organization for Standardization ISO 14001 establece el ciclo PHVA como base para los sistemas de gestión ambiental, promoviendo la mejora continua y el cumplimiento normativo.

2.5.1 Fase Planificar

En esta etapa se identifican problemas, se analizan causas y se establecen objetivos y estrategias. En la gestión de residuos, implica el diagnóstico inicial, la identificación de residuos y el análisis normativo.

2.5.2 Fase Hacer

Consiste en la implementación de las acciones planificadas, como la clasificación de residuos, capacitación del personal y aplicación de procedimientos.

2.5.3 Fase Verificar

Se evalúan los resultados mediante auditorías, indicadores y herramientas como checklist normativos.

2.5.4 Fase Actuar

Se implementan acciones correctivas y preventivas para mejorar el sistema y asegurar la mejora continua.

2.6 Herramientas para la gestión de residuos

2.6.1 Matriz CRETIB

Permite clasificar los residuos según sus características de peligrosidad, facilitando su manejo adecuado.

2.6.2 Matriz de incompatibilidades

Ayuda a identificar combinaciones peligrosas entre residuos, evitando reacciones químicas riesgosas.

2.6.3 Diagramas de flujo

Permiten visualizar procesos y detectar áreas de mejora en el manejo de residuos.

2.7 Importancia del control documental

El control documental es un elemento clave en los sistemas de gestión, ya que permite registrar, monitorear y evaluar las actividades realizadas. La ausencia de registros limita la trazabilidad y dificulta la toma de decisiones (ISO, 2015).

En el contexto del laboratorio de AmSpec, la falta de documentación representa una debilidad crítica, ya que impide conocer con precisión la cantidad, tipo y manejo de los residuos generados.

2.8 Contexto del problema en el laboratorio AmSpec

El laboratorio de calidad de AmSpec de México genera residuos peligrosos y no peligrosos derivados de sus actividades analíticas. Sin embargo, la ausencia de un plan estructurado, la falta de control documental y la inexistencia de procedimientos estandarizados generan riesgos operativos y limitan el cumplimiento normativo.

Esta situación evidencia la necesidad de implementar un sistema de gestión basado en el ciclo PHVA, que permita mejorar el control de los residuos, reducir riesgos y fortalecer la eficiencia operativa.

2.9 Relación del marco teórico con la investigación

El marco teórico desarrollado permite sustentar la importancia de diseñar un plan de gestión de residuos basado en el ciclo PHVA, integrando normatividad, herramientas de análisis y enfoques de mejora continua. Estos elementos proporcionan la base conceptual para abordar la problemática identificada en el laboratorio y proponer soluciones efectivas.

3. Estado del arte

Diversas investigaciones han abordado la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos en contextos industriales, institucionales y de laboratorio, evidenciando la necesidad de implementar sistemas integrales que permitan minimizar impactos ambientales y garantizar el cumplimiento de la normatividad vigente. En este sentido, Reséndiz Chávez (2015) propuso un sistema de manejo de residuos peligrosos en la industria química basado en la identificación, clasificación y tratamiento de los residuos generados durante los procesos productivos. De manera similar, Mariscal Vélez (2016) analizó la gestión de residuos peligrosos en la industria maquiladora desde una perspectiva de gobernanza ambiental, destacando la importancia del fortalecimiento institucional y regulatorio.

A nivel internacional, diversos estudios han enfatizado la problemática global del manejo de residuos. Kaza et al. (2018) señalan que el manejo inadecuado de residuos, especialmente peligrosos, representa un riesgo creciente en países en desarrollo. En la misma línea, Guerrero et al. (2013) y Wilson et al. (2015) analizaron sistemas de gestión de residuos sólidos a nivel global, destacando la necesidad de mejorar la infraestructura y los marcos regulatorios. Por su parte, Ferronato y Torretta (2019) identificaron los principales desafíos en la gestión de residuos, mientras que Zorpas et al. (2017) propusieron estrategias orientadas a la sostenibilidad en su manejo.

En cuanto a los residuos peligrosos, Abdoli et al. (2011) y Zhang et al. (2010) coinciden en que su gestión requiere sistemas integrales que incluyan control en la generación, almacenamiento y disposición final, con el objetivo de reducir riesgos ambientales y mejorar la eficiencia operativa. Asimismo, Pichtel (2014) destaca la necesidad de tratamientos especializados para evitar la contaminación ambiental derivada de estos residuos.

En el contexto de laboratorios, Skoog et al. (2014) señalan que los procesos analíticos generan residuos químicos que requieren un control estricto.

De manera complementaria, Velázquez et al. (2020) indican que la correcta segregación y almacenamiento de residuos es un factor crítico para prevenir riesgos ocupacionales y ambientales, enfatizando la importancia de la capacitación continua del personal. En este sentido, Vargas-Restrepo et al. (2021) concluyen que la falta de segregación adecuada incrementa significativamente los riesgos ambientales.

A nivel nacional, Martínez Velázquez (2024) identificó deficiencias en el conocimiento y aplicación de la normativa ambiental, particularmente de la NOM-087-SEMARNAT-SSA12002, evidenciando prácticas inadecuadas como la mezcla de residuos peligrosos con residuos urbanos. En el ámbito académico, Cruz Vázquez et al. (2024) diseñaron un plan de manejo de residuos peligrosos en laboratorios de la Universidad Veracruzana, identificando volúmenes generados y proponiendo estrategias de segregación y almacenamiento.

De igual forma, investigaciones en América Latina, como la de Huatuco Lozano et al. (2025), han evidenciado deficiencias críticas en la gestión de residuos en laboratorios universitarios, particularmente en la segregación, almacenamiento y disposición final, lo que resalta la necesidad de capacitación del personal y mejora en la infraestructura. En la misma línea, Quispe Pilco (2020) determinó un nivel deficiente en el manejo de residuos peligrosos, proponiendo la implementación de modelos de gestión integral.

En conjunto, estos estudios evidencian que la gestión adecuada de residuos peligrosos y no peligrosos requiere no solo del cumplimiento normativo, sino también de la implementación de herramientas de gestión basadas en la mejora continua. En este contexto, el uso del ciclo PHVA se presenta como una estrategia efectiva para estructurar procesos, evaluar el cumplimiento y establecer acciones de mejora. Por ello, el diseño de un plan de gestión de residuos en laboratorios, como el caso de AmSpec de México, resulta fundamental para fortalecer el control operativo, reducir riesgos ambientales y garantizar el cumplimiento de la normativa aplicable.

Tabla 1. Comparativa de investigaciones.

Autor(es)	Año	Enfoque / Objeto de estudio	Metodología	Principales aportaciones
Reséndiz Chávez	2015	Gestión de residuos en industria química	Análisis de procesos	Propone sistema de identificación, clasificación y tratamiento
Mariscal Vélez	2016	Residuos en industria maquiladora	Enfoque de gobernanza	Destaca fortalecimiento institucional
Kaza et al.	2018	Gestión global de residuos	Análisis comparativo internacional	Evidencia riesgos en países en desarrollo
Pichtel	2014	Residuos peligrosos	Revisión técnica	Señala necesidad de tratamiento especializado
Skoog et al.	2014	Residuos en laboratorios	Análisis de procesos químicos	Identifica generación de residuos en análisis
Guerrero et al.	2013	Residuos en países en desarrollo	Estudio global	Falta de infraestructura y gestión
Wilson et al.	2015	Sistemas globales de residuos	Evaluación comparativa	Importancia de sistemas integrales
Zorpas et al.	2017	Gestión sostenible	Análisis ambiental	Estrategias de sostenibilidad
Ferronato & Torretta	2019	Desafíos globales	Revisión científica	Problemas en manejo de residuos
Abdoli et al.	2011	Residuos peligrosos industriales	Evaluación experimental	Necesidad de control integral
Zhang et al.	2010	Gestión en industria	Modelos de gestión	Control en generación y disposición
Vargas-Restrepo et al.	2021	Segregación de residuos	Estudio aplicado	Falta de segregación aumenta riesgos
Velázquez et al.	2020	Residuos en laboratorios	Estudio técnico	Importancia de capacitación
Martínez Velázquez	2024	Normatividad en México	Diagnóstico	Detecta incumplimiento de NOM
Cruz Vázquez et al.	2024	Laboratorios universitarios	Diseño de plan	Propone estrategias de manejo
Huatuco Lozano et al.	2025	Laboratorios en Perú	Diagnóstico	Identifica deficiencias críticas
Quispe Pilco	2020	Gestión en laboratorio	Evaluación	Nivel deficiente, propone modelo

4. Metodología

El ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), también conocido como círculo de Deming, es una metodología de gestión iterativa utilizada para la mejora continua de procesos, productos o servicios. Este enfoque consta de cuatro etapas consecutivas y cíclicas —planear, hacer, verificar y actuar— que permiten a las organizaciones identificar problemas, implementar soluciones y optimizar sus operaciones de manera sistemática.

En este contexto, en la presente sección se analiza la problemática mediante la aplicación del ciclo PHVA, lo que permite desarrollar un estudio estructurado y detallado de las actividades realizadas en el laboratorio de calidad AmSpec, así como de la forma en que estas se ejecutan, facilitando la identificación de áreas de mejora en la gestión de residuos.

4.1 Planificar

- ✓ El primer objetivo plantea evaluar el grado de cumplimiento del marco normativo vigente relacionado con el manejo de residuos peligrosos y no peligrosos en el sector de hidrocarburos, como base para la elaboración del diseño de un plan de gestión.
- ✓ En segundo lugar, se propone la identificación y clasificación de los residuos existentes de acuerdo al marco normativo señalado en el primer objetivo.
- ✓ La elaboración de formatos de inspección y el desarrollo de una matriz útil para la clasificación de residuos.

4.2 Hacer

El primer objetivo plantea verificar el grado de cumplimiento del marco normativo aplicable al manejo de residuos peligrosos y no peligrosos en el sector de hidrocarburos, como base para el desarrollo de un plan de gestión. (Ver marco normativo 1 en anexo 1)

Una vez determinado el marco normativo, se muestra el cumplimiento del marco normativo relacionado con la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos dentro del sector de hidrocarburos. (Ver marco normativo aplicable 1 en anexo 2)

Ilustración 1. Check list (Cumplimiento normativo real en AmSpec).

Aplicación de Normas Oficiales Mexicanas (NOM)					
Nº	Pregunta	Norma	Cumple (1)	No cumple (0)	Cumple parcialmente (0.5)
1	¿Se etiquetan adecuadamente los residuos generados?	NOM-052	1		
2	¿Se clasifican los residuos en base a las características CRETIB que presentan?	NOM-052	1		
3	¿Se documenta la clasificación CRETIB?	NOM-052			0.5
4	¿Se utilizan contenedores adecuados para los residuos?	NOM-052	1		
5	¿Se determina el manejo adecuado para los residuos tóxicos?	NOM-053	1		
6	¿Se efectúan evaluaciones constantes para determinar si las características de la clasificación siguen siendo la adecuada?	NOM-053	1		
7	¿Se cumple con una segregación por incompatibilidad adecuada?	NOM-054			0.5
8	¿Se lleva el registro de la generación y disposición final de los residuos?	NOM-001 ASEA			0.5

Por medio de los criterios normativos del check list realizado, se evaluó como: Cumple (1), No cumple (0) y Cumple parcialmente (0.5). Obteniendo el porcentaje de cumplimiento de la siguiente manera.

$$\text{Porcentaje de cumplimiento total: } \left(\frac{\text{Total de puntos que cumplen}}{\text{Total de puntos que aplican}} \right) \times 100\%$$

Ilustración 2. Check list 2. Cumplimiento normativo real en AmSpec.

Norma	Total	Si Cumple	No Cumple	Cumple Parcial	Cumplimiento
NOM-052-SEMARNAT-2005	4	3		0.5	88%
NOM-053-SEMARNAT-1993	2	2			100%
NOM-054- SEMARNAT-1993	1			0.5	50%
NOM-001-ASEA-2019	1			0.5	50%
					72%

Tabla 2. Rangos de nivel de cumplimiento 1.

Rango	Nivel de cumplimiento	Interpretación
90 – 100 %	Optimo	Cumplimiento total de la normatividad
70 – 89 %	Aceptable	Cumplimiento sustentable con algunas brechas menores
50 – 69 %	Parcial	Cumplimiento deficiente, requiere mejoras significativas
< 50 %	Crítico	Incumplimiento legal grave

Mediante el check list se puede observar que el laboratorio de AmSpec cumple con un 72% del cumplimiento normativo que debería tener, encontrándose entre los rangos 70 – 89 %, que representa un nivel de cumplimiento aceptable, el cual nos indica, que se requieren acciones correctivas ya que su cumplimiento normativo es sustentable, por ese motivo se necesita identificar las causas raíz para diseñar e implementar acciones de mejora, para que se obtenga un nivel de cumplimiento optimo del 100%.

Se realizó un análisis de cada equipo con los que se trabaja en el laboratorio de AmSpec, identificando lo siguiente.

Tabla 3. Residuos generados.

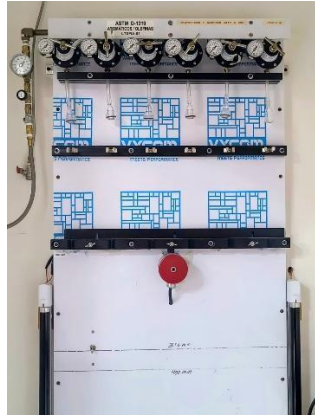
Nombre de la maquina	Descripción	Residuos generados
1. Densímetro 	Mide la densidad de cualquier combustible opaco a una temperatura constante de 20 grados Celsius.	• Tolueno • Acetona • Alcohol isopropílico • Lubricantes • Aditivos • Nafta • Turbosina • Gasolina • Diésel • Absorbentes contaminados
2. Flash Point 	En este equipo se introduce solo muestras de diésel mediante una copa de cobre, la cual analiza el punto de inflamación.	• Tolueno • Acetona • Alcohol isopropílico • Diésel • Decano • Tetradecano • Hexadecano • Absorbentes contaminados
3. Azufre 	Analiza la cantidad de azufre de las muestras analizadas mediante rayos X.	• Gasolinas • Diésel • Mailes • Celda y seguro • Absorbentes contaminados
4. Destiladora	Se atempera las muestras de gasolinas (menor a 10 grados), para después montar el producto en el quipo ya configurado	• Tolueno • Acetona • Alcohol isopropílico • Gasolina • Diésel

	dependiendo la muestra a introducir, con el fin de analizar los compuestos químicos.	• Absorbentes contaminados
5. Baño maría 	Este equipo se encarga de mantener las muestras a una temperatura constante.	• Agua • Absorbentes contaminados
6. Agua y sedimento 	Este equipo funciona por centrifugación con una muestra dentro de un tubo california por 10 minutos.	• Tolueno • Acetona • Alcohol isopropílico • Gasolina • Diésel • Absorbentes contaminados
7. Corrosión al cobre 	Las muestras de cobre se acondicionan con hisoptano, se limpia, pasa un tubo de ensayo, el equipo lo acondiciona y se introduce a un baño de silicón a una temperatura de 100 grados Celsius. Se deja analizar y el resultado se lee con una tabla de indicadores de colores, determinando la corrosión de la muestra.	• Hisoptano • Polvo de carburo de silicio • Lana de acero • Tira de cobre • Silicón • Vidrio • Mercurio de los termómetros • Absorbentes contaminados

8. Presión de vapor 	Este equipo analiza la presión de las gasolinas, de dejan a temperar e inicia el análisis.	• Gasolina • Acetona • Alcohol isopropílico • Pentano • Absorbentes contaminados
9. Viscosidad cinemática 	Mide la viscosidad de un producto, haciendo un recorrido de punto A al punto B para determinar la lectura del análisis.	• Tolueno • Acetona • Alcohol isopropílico • Diésel • Lubricantes • Silicón • Absorbentes contaminados
10. Azufre mercaptano 	Este equipo funciona con unos electrodos, nitrato de plata y una solución alcalina, los cuales van conectados al equipo, el cual analiza la concentración de mercaptanos.	• • • • • • Nitrato de plata Electrodo Solución alcalina o acida Gasolinas Turbosina Absorbentes contaminados
11. Fame 	Este equipo funciona por refracción de la muestra y en automático analiza.	• Tolueno • Acetona • Alcohol isopropílico • Diésel • Absorbentes contaminados

12. Analizador de lubricidad 	Este equipo mide la lubricidad, que se relaciona con la densidad y viscosidad. Todo esto a través de especímenes, se monta y con una vibración a una temperatura adecuada, vibrando se analiza la marca de desgaste.	• Especímenes de acero inoxidable. • Diésel • Absorbentes contaminados
13. Determinación de gomas 	Para este equipo se tratan los vasos de precipitado para la muestra, se secan en un horno, se enfrían en un desecador, para después pesarse, se adicionan 50 ml de muestra. Se realiza el análisis con unos jets, terminado el proceso se enfría, se pesan y por diferencia de pesos, se obtiene el resultado.	• Tolueno • Acetona • Alcohol isopropílico • Absorbentes contaminados
14. Espectro colorímetro 	Este equipo mide los colores que refacciona, el cual se utilizan unas celdas para meter la muestra al equipo y se deja correr.	• Gasolina • Diésel • Tolueno • Acetona • Alcohol isopropílico • Absorbentes contaminados
15. Cromatografía de gases	Este equipo separa los compuestos de las gasolinas a través de los gases de arrastre.	• Gasolina • Vial • Absorbentes contaminados

		
16. Mufla 	En este equipo se utilizan 100 gramos de diésel, se introduce al equipo y este determina las propiedades de las muestras a altas temperaturas, permitiendo analizar las cenizas de estas.	• Cenizas • Bulbo de cristal • Absorbentes contaminados
17. Residuos al carbón 	En este quipo se utiliza el 10% de destilación de diésel, se carboniza para determinar la diferencia de pesos y obtener el resultado.	• Bulbos de cristal • Diésel • Absorbentes contaminados
18. Método de partículas 	Como lo dice el nombre del equipo, analiza las partículas de cada una de la muestra de turbosina, como su composición y distribución.	• Turbosina • Éter de petróleo • Membranas • Absorbentes contaminados
19. Periodo de inducción	Este equipo mide la oxidación de las gasolinas a una temperatura de 100 grados Celsius, con una presión de 100 PSI. Todo esto analizado mediante un software.	• Gasolinas • Tolueno • Acetona • Absorbentes contaminados

		
20. Punto de inflamación 	Este equipo es como el flash point, a diferencia que esta máquina solo es para turbosina, por lo cual se encarga de analizar el punto de inflamación de la muestra.	• Tolueno • Acetona • Alcohol isopropílico • Turbosina • Absorbentes contaminados
21. Microseparómetro 	Este equipo solamente es para turbosina, su función es medir la capacidad de separación de agua de las muestras.	• Tubo de ensayo • Jeringa de 50 ml • Filtro de acero Inoxidable • Turbosina • Absorbentes contaminados
22. Fia 	Este método mide los aromáticos y olefinas de los combustibles, con unas varillas, las cuales se preparan con los materiales correspondientes, esta hace un recorrido de una hora aproximadamente. La muestra se arrastra por la varilla y se toma la lectura para obtener el resultado.	• Indicador fluorescente de gel • Alcohol isopropílico • Alcohol isoamílico • Varilla de cristal • Cilica • Absorbentes contaminados

A partir del análisis realizado, se logró identificar los residuos peligrosos y no peligrosos generados, lo que permitió establecer una base para la aplicación de herramientas como la matriz CRETIB, la matriz de identificación de incompatibilidades y el diagrama de flujo del proceso. En este sentido, se determinaron las características de peligrosidad correspondientes a Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-Infeccioso (CRETIB), conforme a lo establecido en las normas NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-053SEMARNAT-1993, mediante la elaboración de una matriz de decisión.

Tabla 4. Clasificación CRETIB de los residuos generados en AmSpec.

Nº	Residuos	C	R	E	T	I	B
		Corrosivo	Reactivo	Explosivo	Toxico	Inflamable	Biológico-Infeccioso
1	Soluciones alcalinas	•					
2	Soluciones acidas	•					
3	Nitrato de plata		•		•		
4	Termómetros dañados de mercurio				•		
5	Éter de petróleo				•	•	
6	Cenizas de combustibles				•		
7	Mercurio (Termómetros)				•		
8	Mailles (Contaminados)				•		
9	Especímenes de acero inoxidable				•		
10	Absorbentes contaminados				•	•	
11	Membranas contaminadas				•		
12	Lana de acero contaminada				•	•	
13	Filtros contaminados				•	•	

14	Polvo de carburo de silicio				•		
15	Gasolinas					•	
16	Diesel					•	
17	Turbosina					•	
18	Nafta					•	
19	Pentano					•	
20	Heptano					•	
21	Decano					•	
22	Tetradecano					•	
23	Hexadecano					•	
24	Alcohol isoamílico				•	•	
25	Tolueno					•	
26	Acetona					•	
27	Alcohol isopropílico					•	
28	Hisoptano					•	

No todos los residuos son clasificados como peligrosos, por lo cual los siguientes residuos son considerados como no peligrosos.

Tabla 5. Clasificación 1. Residuos no peligrosos.

Nº	Residuos
1	Jeringas no contaminadas
2	Vidrio
3	Celdas de vidrio
4	Tubos de ensayos
5	Bulbos de cristal
6	Agua de baño maría

Se propone realizar un análisis de incompatibilidad de los residuos generados en AmSpec, con base en lo establecido en la norma NOM-054-SEMARNAT-1993. Este análisis permitirá identificar posibles incompatibilidades entre los residuos, particularmente en aquellos casos en los que la mezcla de dos o más sustancias pueda provocar reacciones peligrosas, como la generación de fuego, explosiones, emisión de gases tóxicos o liberación de calor excesivo.

Para esto, primero los residuos se deben de clasificar en grupos químicos, quedando de la siguiente manera.

Tabla 6. Clasificación 2(Residuos por grupo).

N° Código	Grupo	Ejemplo de residuos
1	Solventes inflamables	Gasolinas, diésel, turbosina, etc.
2	Ácidos	Reactivos ácidos
3	Bases	Soluciones alcalinas
4	Oxidantes	Nitrato de plata
5	Metales pesados	Residuos de plata y mercurio.
6	Solidos contaminados	Absorbentes, membranas, etc.
7	Solidos inertes	Vidrios, bulbos.

Tabla 7. Matriz de Incompatibilidad de los residuos generados en AmSpec.

N° Código	Grupo	1	2	3	4	5	6	7
N° Código	Grupo	Solventes inflamables	Ácidos	Bases	Oxidantes	Metales pesados	Solidos contaminados	Solidos inertes
1	Solventes inflamables							
2	Ácidos							
3	Bases							
4	Oxidantes							
5	Metales pesados							
6	Solidos contaminados							
7	Solidos inertes							

Tabla 8. Rangos de nivel de incompatibilidad 2.

Rangos de incompatibilidad	Clasificación	Interpretación
Rojo	Totalmente separado	Significa que los residuos deben colocarse en compartimientos completamente separados
Amarillo	Separado de	Significa que los residuos deben colocarse en compartimientos distintos, aunque pueda requerirse una separación longitudinal o vertical
Verde	Lejos de	Significa que los residuos si se pueden colocar en un mismo compartimiento

Mediante la determinación y evaluación de la matriz de incompatibilidades, se determinó lo siguiente: Con un rango de incompatibilidad color rojo, obteniendo la clasificación de separación total obligatoria, se determinó que la mezcla entre sí de los siguientes residuos puede producir reacciones violentas, por lo que es considerado como riesgo crítico por la NOM-054- SEMARNAT-1993.

Prohibido mezclar:

- Solventes inflamables con oxidantes.
- Ácidos con bases.
- Ácidos con oxidantes.
- Bases con oxidantes.
- Oxidantes con metales pesados.

Con un rango de incompatibilidad color anaranjado, obteniendo la clasificación de separación obligatoria, se determinó que la mezcla entre sí de los siguientes residuos puede generar un riesgo moderado de reacción entre sí, ya que podría generar vapores nocivos o degradación de contenedores.

No mezclar:

- Solventes inflamables con ácidos.
- Solventes inflamables con bases.
- Solventes inflamables con metales pesados.
- Ácidos con metales pesados.
- Bases con metales pesados.

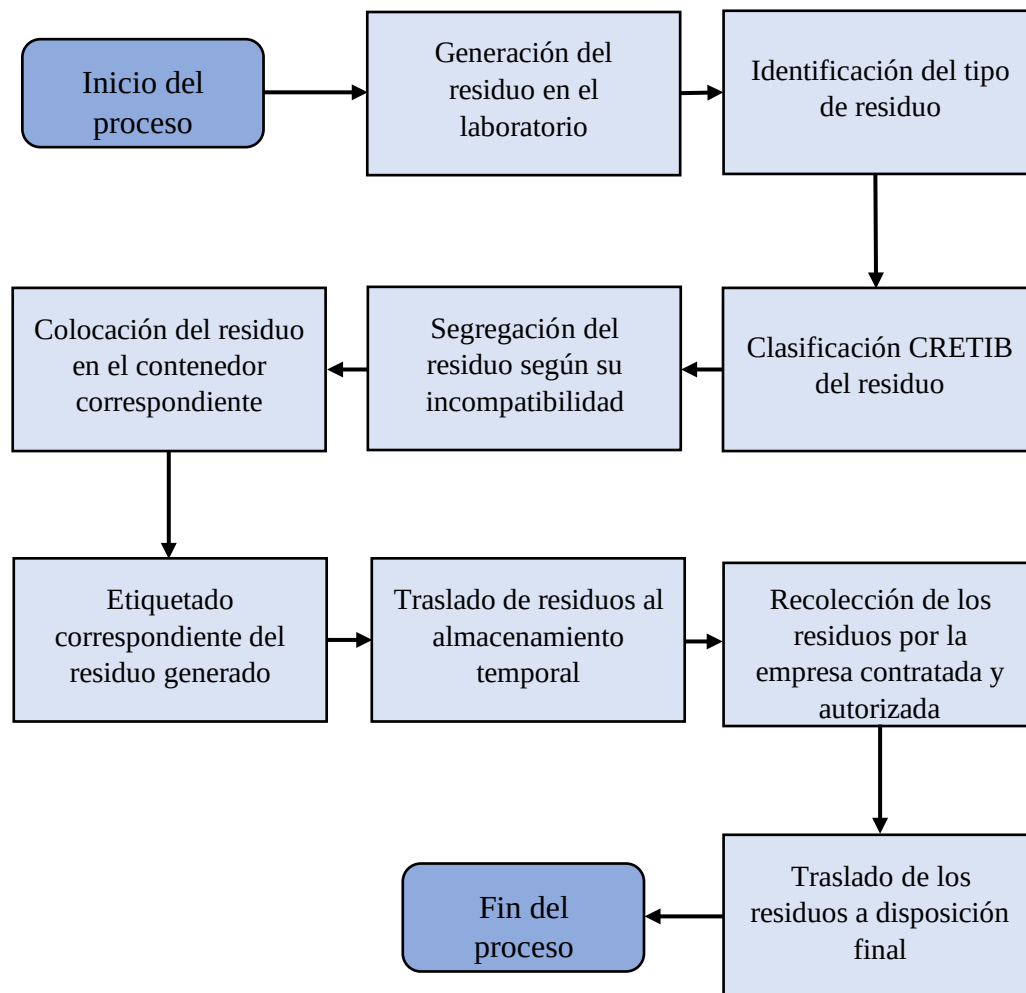
Con un rango de incompatibilidad color verde, obteniendo la clasificación de separación no obligatoria, se determinó que los residuos son compatibles debido a que no presentan incompatibilidad entre sí.

Compatibles:

- Solamente son compatibles todos los residuos que se mezclan entre sí.

Se muestra el diagrama de flujo del proceso actual del manejo (de los residuos peligrosos y no peligrosos generados en el laboratorio) de calidad de AmSpec.

Ilustración 3. Diagrama de flujo del proceso de manejo de residuos.



Con la elaboración de este diagrama se observan las etapas operativas del manejo de residuos generados, identificando puntos críticos como la clasificación CRETIB, incompatibilidades químicas, así como la segregación, etiquetado, almacenamiento temporal y su disposición final.

4.3 Verificar

En la tercera etapa del ciclo PHVA (Verificar), se evalúan los resultados obtenidos en la etapa anterior competente a la implementación de objetivos planteados. Se determinó que el laboratorio cumple parcialmente con los requisitos establecidos en las normas aplicables. No obstante, se evidenció la necesidad de fortalecer el control documental, mejorar la estandarización de los procedimientos y contar con evidencia formal que respalde el cumplimiento. Para evaluar el nivel de cumplimiento de cada normatividad, se utilizaron los siguientes instrumentos de evaluación.

Tabla 9. Verificación de cumplimiento de NOM-052-SEMARNAT-2005.

Norma NOM-052-SEMARNAT- 2005	Total	Si Cumple	Cumple Parcial	No cumple	Porcentaje de Cumplimiento
¿Se etiqueta de manera correcta los residuos que se generan?	1	1			100%
¿Se clasifican los residuos en base a las características CRETIB que presentan?	1	1			100%
¿Se documenta la clasificación CRETIB?	1		0.5		50%
¿Se utilizan contenedores adecuados para los residuos?	1	1			100%
					88%

Tabla 10. Verificación de cumplimiento de NOM-053-SEMARNAT-1993.

Norma NOM-053-SEMARNAT- 1993	Total	Si Cumple	Cumple Parcial	No cumple	Porcentaje de Cumplimiento
¿Se determina el manejo adecuado para los residuos tóxicos?	1	1			100%
¿Se efectúan evaluaciones constantes para determinar si las características de la clasificación siguen siendo la adecuada?	1	1			100%
					100%

Tabla 11. Verificación de cumplimiento de NOM-054- SEMARNAT-1993.

Norma NOM-054- SEMARNAT- 1993	Total	Si Cumple	Cumple Parcial	No cumple	Porcentaje de Cumplimiento
¿Se cumple con una segregación por incompatibilidad adecuada?	1		0.5		50%
					50%

Tabla 12. Verificación de cumplimiento de NOM-001-ASEA-2019.

Norma NOM-001-ASEA-2019	Total	Si Cumple	Cumple Parcial	No cumple	Porcentaje de Cumplimiento
¿Se lleva el registro de la generación y disposición final de los residuos?	1		0.5		50%
					50%

Todas estas evaluaciones se calcularon con la siguiente formula y se determinó sus niveles de cumplimiento en base a tabla de rangos establecida también de este mismo check list de normatividad. (Ver Tabla de rangos 1. Nivel de cumplimiento.)

Porcentaje de cumplimiento total:

$$\left(\frac{\text{Total de puntos que cumplen}}{\text{Total de puntos que aplican}} \right) \times 100\%$$

En esta evaluación, se obtuvo los siguientes porcentajes de cumplimiento de la normatividad.

Tabla 13. Interpretación de la verificación de normatividad.

Norma	Porcentaje de cumplimiento	Interpretación
NOM-052-SEMARNAT-2005	88%	Nivel de cumplimiento aceptable, con puntos de mejora como etiquetado incompleto.
NOM-053-SEMARNAT-1993	100%	Cumplimiento total de los criterios de toxicidad.
NOM-054- SEMARNAT-1993	50%	Cumplimiento deficiente, requiere una mejor segregación.
NOM-001-ASEA-2019	50%	Cumplimiento deficiente en registros, se requiere implementación de documentación.
72%		

Estos resultados indican que no se cumplen totalmente lo que establecen las normas, debido a que existen puntos críticos en segregación, etiquetado de los residuos y control documental. Es por ello que solo se cuenta con un nivel de cumplimiento del 72%.

Con base en los resultados obtenidos del checklist y la fase de verificación, se identificó que el laboratorio no cuenta con información suficiente para realizar una evaluación integral de sus actividades, particularmente en lo referente al registro documental de los procedimientos. Por ello, se propone la implementación de formatos de evaluación, verificación y registros internos que permitan fortalecer el control documental y la trazabilidad de las actividades.

Por otra parte, la clasificación de los residuos mediante la matriz de decisión CRETIB permitió identificar una alta presencia de solventes con características inflamables, lo que representa un riesgo significativo en el laboratorio de AmSpec, debido a su elevada generación en diversos equipos analíticos. Asimismo, se detectaron residuos con características tóxicas, corrosivas y reactivas, lo que hace indispensable una adecuada segregación y un correcto almacenamiento para prevenir riesgos operativos y ambientales.

Para la validación de la matriz, se consideraron todos los residuos identificados en el laboratorio, los cuales fueron clasificados conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005. A partir de ello, se determinó la cantidad exacta de residuos según sus características de peligrosidad (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-Infeccioso), cuyos resultados se presentan a continuación.

Tabla 14. Clasificación 3. Residuos por clasificación.

Clasificación CRETIB	Residuos totales por clasificación
Corrosivo	2
Reactivo	1
Explosivo	0
Toxico	6
Inflamable	19
Biológico-Infeccioso	0
Total de residuos:	28

Se determinará el porcentaje los residuos generados en base a su clasificación CRETIB, con la siguiente formula.

$$\left(\frac{\text{Residuos totales por clasificación}}{\text{Total de residuo}}\right) \times 100\%$$

Obteniendo de esta manera el porcentaje generado de acuerdo a su clasificación.

Tabla 15. Verificación de porcentaje por características CRETIB.

Característica CRETIB	Residuos totales por clasificación	Porcentaje de residuos por características
Corrosivo	2	7%
Reactivo	1	4%
Explosivo	0	0%
Toxico	6	21%
Inflamable	19	68%
Biológico-Infeccioso	0	0%
Total de residuos:	28	100%

Los datos obtenidos mediante la verificación, nos indica que 68% de los residuos identificados, presentan características inflamables, ya que se usan solventes y combustibles como tolueno, acetona alcohol isopropílico, gasolinas, diésel y turbosina; lo que representa un riesgo significativo dentro del laboratorio de AmSpec, ya que su generación es alta en diferentes equipos analíticos.

También, con un porcentaje del 21%, nos indica que existen residuos con la clasificación de toxicidad, como lo es el nitrato de plata, soluciones acidas o alcalinas u mercurio de los termómetros dañados, requiriendo un manejo especial ya que puede ser muy peligroso para la salud de los operadores.

As mismo, los residuos que se generan con menor proporción son corrosivos con el 7% y reactivos con el 4%, sin embargo, esto nos indica que se deben de implementar contenedores y los procedimientos adecuados para evitar daños y posibles reacciones químicas.

Con base en la matriz de incompatibilidades elaborada conforme a la norma NOM-054-SEMARNAT-1993 (Matriz 2), se determinó el número total de incompatibilidades de acuerdo con los rangos establecidos, cuantificando los datos para su análisis.

La matriz de incompatibilidades presenta un total de 49 combinaciones, derivadas de una estructura de 7×7 correspondiente a los grupos de incompatibilidad previamente identificados. No obstante, para efectos de análisis, se consideran únicamente pares únicos, es decir, combinaciones sin repetición ($7 \times 6 / 2$), lo que da como resultado un total de 21 posibles incompatibilidades. Los resultados obtenidos se muestran a continuación (ver Matriz 2. Incompatibilidad de los residuos generados en AmSpec).

Tabla 16. Verificación de incompatibilidades por grupos.

Rangos de incompatibilidad	Clasificación	Grupos incompatibles	Total de incompatibilidades por grupo
Rojo	Critico	• Solventes inflamables con oxidantes. • Ácidos con bases. • Ácidos con oxidantes. • Bases con oxidantes. • Oxidantes con metales pesados.	5
Amarillo	Moderado	• Solventes inflamables con ácidos. • Solventes inflamables con bases. • Solventes inflamables con metales pesados. • Ácidos con metales pesados. • Bases con metales pesados.	5
Verde	Compatible	Compatibles todos los residuos que se mezclan entre sí.	11
Total de grupos:			21

Dicho esto, se calculará el porcentaje de incompatibilidades existentes, en base a la siguiente formula.

$$\left(\frac{\text{Total de incompatibilidades por grupo}}{\text{Total de grupos}} \right) \times 100\%$$

Tabla 17. Verificación de porcentaje total por incompatibilidades.

Clasificación	Total de incompatibilidades por grupo	Porcentaje de incompatibilidades
Critico	5	24%
Moderado	5	24%
Compatible	11	52%
100%		

Se determinó que en el laboratorio de AmSpec, presenta un 24% de incompatibilidades identificadas como críticas principalmente por solventes inflamables, oxidantes, ácidos y bases. Representando un riesgo elevado debido a la infinidad de posibles reacciones que se pueden generar.

De igual manera con un 24% de incompatibilidades identificados como moderados, por lo cual no llega a presentar un riesgo elevado, sin embargo, si se tiene que tener un control estricto entre los residuos, principalmente entre metales pesados, solventes inflamables y sustancias corrosivas.

Finalmente, con un porcentaje del 52%, fueron identificadas las incompatibilidades clasificadas como compatibles, siempre y cuando cumplan con el manejo adecuado. Se concluye que el manejo actual de los residuos peligrosos dentro del laboratorio, presenta puntos críticos, por lo cual es indispensable reforzar el etiquetado, implementar contenedores específicos para cada residuo, así como una capacitación para el personal.

El diagrama de flujo elaborado en la etapa “Hacer” permitió visualizar las actividades del proceso actual en el laboratorio de AmSpec, identificando cada una de las etapas, desde la generación de los residuos hasta su entrega a la empresa autorizada para su disposición final.

Para la verificación de dicho diagrama, se evaluaron los procesos, controles y puntos críticos, lo que permitió identificar las distintas etapas del proceso, los puntos de control existentes, las actividades sin control y las principales oportunidades de mejora. Como resultado, se determinaron un total de ocho etapas, las cuales serán evaluadas mediante la aplicación de un checklist, obteniendo la información que se presenta a continuación.

Ilustración 4. Check list 3. Control de los procesos.

N°	Etapa	¿Existe control?		
		Si	Parcial	No
1	Generación del residuo	●		
2	identificación del residuo		●	
3	Clasificación CRETIB del residuo		●	
4	Segregación del residuo según su incompatibilidad			●
5	Colocación del residuo en el contenedor correspondiente			●
6	Etiquetado correspondiente del residuo generado		●	
7	Traslado de residuos al almacenamiento temporal		●	
8	Recolección de los residuos por la empresa contratada y autorizada	●		

En base a los resultados obtenidos, se determinará el porcentaje del control actual que existe, en base a la siguiente formula.

$$\left(\frac{\text{Total de puntos que si/parcial/no}}{\text{Total de actividades}} \right)$$

Tabla 18. Verificación de control de las etapas del proceso.

Clasificación	No. Total por etapas	Porcentaje por etapas
Cuenta con Control	2	25%
Control parcial	4	50%
Sin control	2	25%
Total	8	100%

Con la verificación de este proceso se determinó que solamente el 25% del todo el proceso cuenta con un control total, mientras que el 50% presenta un control parcial y el 25% carece de un control, verificando que el proceso actual en AmSpec, no está del todo estandarizado, por lo que es importante implementar procedimientos más formales, implementar registros y controles operativos que permitan mejorar la correcta gestión de los residuos peligrosos y no peligrosos en el laboratorio.

En base a lo dicho y establecido en este punto de verificación, se demuestra la necesidad de establecer procedimientos como herramientas de registro, planificar actividades relacionadas con la generación, identificación, segregación, etiquetado y almacenamiento de los residuos peligrosos y no peligrosos. Toda esta información recabada, establece la base para implementar y desarrollar acciones de mejora en la siguiente etapa del ciclo PHVA, para garantizar el cumplimiento de todas las normas y una operación segura del laboratorio de AmSpec.

4.4 Actuar

En la última etapa del ciclo PHVA (Actuar), se establecen acciones de mejora y corrección con el objetivo de eliminar los puntos críticos detectados, asegurar el cumplimiento de la normatividad vigente y garantizar la adecuada gestión de los residuos peligrosos y no peligrosos generados en el laboratorio de calidad de AmSpec.

Con base en los resultados obtenidos en la etapa de verificación, se determinó que la empresa presenta un nivel de cumplimiento normativo general del 72%, lo cual indica un nivel aceptable, pero con áreas críticas que requieren atención. Entre las principales deficiencias identificadas se encuentran: la falta de registros formales y control documental, el etiquetado incompleto o inexistente, la segregación inadecuada de residuos incompatibles y la existencia de procesos con control parcial o nulo.

A partir de este diagnóstico, se proponen las siguientes acciones preventivas y correctivas:

Actividades de mejora para el cumplimiento normativo

Derivado del análisis del checklist normativo y del marco legal aplicable, se establecen las siguientes acciones:

- Implementar formatos de registro para la generación, almacenamiento y disposición final de residuos, conforme a la NOM-001-ASEA-2019.
- Estandarizar el etiquetado de residuos, incluyendo información obligatoria como nombre, clasificación CRETIB, origen y fecha de generación.

- Documentar y evidenciar la clasificación CRETIB de los residuos.
- Reforzar la segregación de residuos incompatibles conforme a la NOM-054SEMARNAT-1993.

Estas acciones permitirán incrementar el nivel de cumplimiento normativo del 72% a un rango óptimo de 90–100%.

Actividades de mejora derivadas de la matriz CRETIB

El análisis evidenció que el 68% de los residuos presenta características inflamables y el 21% características tóxicas, lo que representa un riesgo significativo. Por ello, se proponen las siguientes acciones:

- Asignar contenedores específicos según las características de los residuos.
- Establecer zonas exclusivas de almacenamiento por tipo CRETIB.
- Capacitar al personal en la identificación de riesgos asociados.

Actividades de mejora derivadas de la matriz de incompatibilidades

Se identificó que el 48% de las combinaciones presentan incompatibilidades críticas y moderadas. Para mitigar estos riesgos, se propone:

- Implementar almacenamiento separado según incompatibilidades.
- Actualizar los procesos de segregación.
- Colocar señalización para identificar incompatibilidades químicas.
- Realizar supervisiones periódicas del cumplimiento.

Actividades de mejora en el proceso de manejo de residuos

El análisis del diagrama de flujo evidenció que solo el 25% del proceso cuenta con control total. Por ello, se establecen las siguientes acciones:

- Documentar integralmente el proceso de manejo de residuos.

- Definir responsabilidades por cada etapa del proceso.
- Implementar formatos de verificación por etapa.

Acciones de seguimiento y mejora continua

Para asegurar la sostenibilidad de las mejoras, se proponen las siguientes acciones:

- Realizar verificaciones periódicas mediante checklist normativo.
- Actualizar las matrices CRETIB e incompatibilidades ante cambios en procesos o residuos.
- Mantener actualizados los lineamientos conforme a la normativa vigente.
- Utilizar los resultados como base para auditorías internas y toma de decisiones.

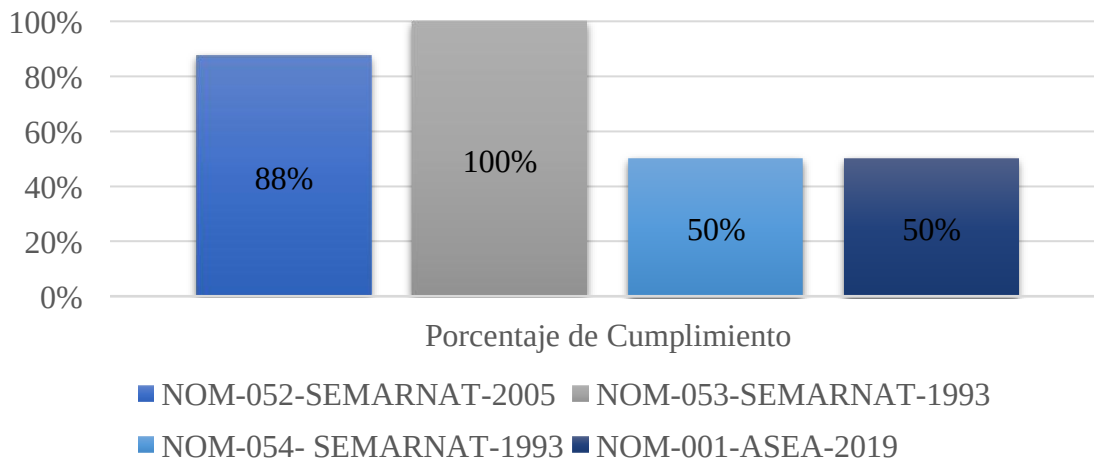
5. Análisis y discusión de resultados

El análisis y la discusión de resultados se fundamentan en el desarrollo del ciclo PHVA. En una primera etapa, se plantearon objetivos para el “Diseño de un plan para la gestión de residuos en el laboratorio de calidad AMSPEC de México”. Posteriormente se implementaron basados en dos hipótesis de investigación para comprobar si el diseño mencionado contribuye a la mejora y control de las operaciones en el laboratorio de calidad de combustibles AmSpec. A continuación, se muestran los resultados:

Tabla 19. Resultados de cumplimiento normativo.

Nº	Normas Oficiales Mexicanas aplicadas.	Porcentaje de cumplimiento
1	NOM-052-SEMARNAT-2005	88%
2	NOM-053-SEMARNAT-1993	100%
3	NOM-054- SEMARNAT-1993	50%
4	NOM-001-ASEA-2019	50%
Total de cumplimiento		72 %

Gráfico 1. Cumplimiento normativo



A partir de los resultados obtenidos, se determinó un nivel de cumplimiento normativo del 72%, lo que indica que el laboratorio cumple de manera aceptable con la normatividad aplicable. No obstante, se identificaron áreas de oportunidad en actividades relacionadas con la segregación, el almacenamiento, el control documental y el registro de los residuos generados (ver Tabla de rangos 1. Nivel de cumplimiento).

El mayor nivel de cumplimiento se observó en la NOM-053-SEMARNAT-1993, la cual evalúa la toxicidad de los residuos, lo que indica que el laboratorio de AmSpec no genera residuos con características de toxicidad conforme a lo establecido en dicha norma. Por otro lado, la NOM-054-SEMARNAT-1993 y la NOM-001-ASEA-2019 presentaron los niveles más bajos de cumplimiento, con un 50%, evidenciando deficiencias en la identificación de incompatibilidades químicas, así como en el registro, la documentación de procedimientos y el control del manejo de residuos. Estos resultados confirman la necesidad de implementar acciones correctivas y preventivas para fortalecer el cumplimiento normativo, las cuales fueron definidas en la etapa “Actuar” del ciclo PHVA.

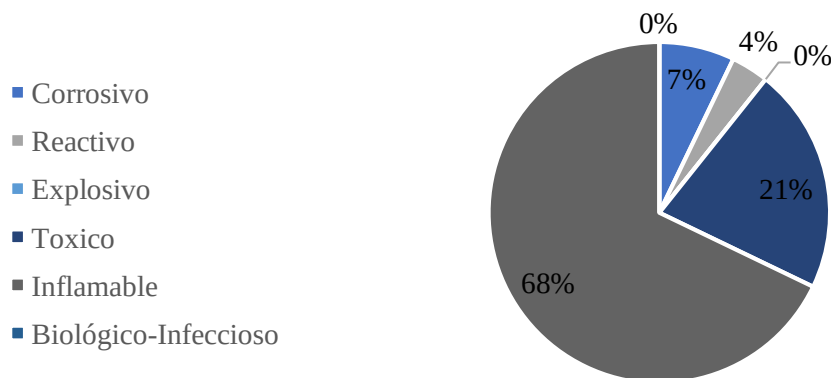
En este mismo contexto, se presentan los resultados derivados de la aplicación de la matriz de decisiones basada en las características CRETIB de los residuos peligrosos generados en el laboratorio de calidad de AmSpec de México. Esta clasificación permitió identificar las características de peligrosidad de cada residuo, con el fin de evaluar los riesgos asociados a su manejo y almacenamiento.

A partir del análisis realizado, se determinó que los residuos generados presentan principalmente características de inflamabilidad, seguidas de toxicidad, mientras que en menor proporción se identificaron residuos con características corrosivas y reactivas. Los resultados de la matriz CRETIB se presentan en la Tabla 4, donde se muestra la distribución de los residuos de acuerdo con su característica de peligrosidad.

Tabla 20. Distribución de residuos peligrosos según CRETIB.

Características	Número total de residuos	Porcentaje
Corrosivo	3	11%
Reactivo	2	7%
Explosivo	0	0%
Toxico	6	21%
Inflamable	19	68%
Biológico-Infeccioso	0	0%

Gráfico 2. Porcentaje de residuos por características.



Los resultados obtenidos indican que la inflamabilidad es la característica predominante en los residuos generados, lo cual se relaciona directamente con el uso de solventes orgánicos y combustibles como tolueno, acetona, alcohol isopropílico, gasolinas y diésel. Esta condición representa un riesgo significativo si no se cuenta con una adecuada segregación y almacenamiento de los residuos. Asimismo, la presencia de residuos con características tóxicas, aunque en menor proporción, evidencia la necesidad de reforzar los controles de manejo debido a los posibles efectos adversos en la salud del personal. Por otro lado, la baja presencia de residuos corrosivos y reactivos indica que estos no constituyen el riesgo principal en el laboratorio; sin embargo, deben ser gestionados conforme a la normatividad vigente para prevenir incidentes.

En este contexto, se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la matriz de incompatibilidades, elaborada con base en la NOM-054-SEMARNAT-1993, con el objetivo de identificar los riesgos asociados al almacenamiento y manejo de los residuos peligrosos generados en el laboratorio de AmSpec.

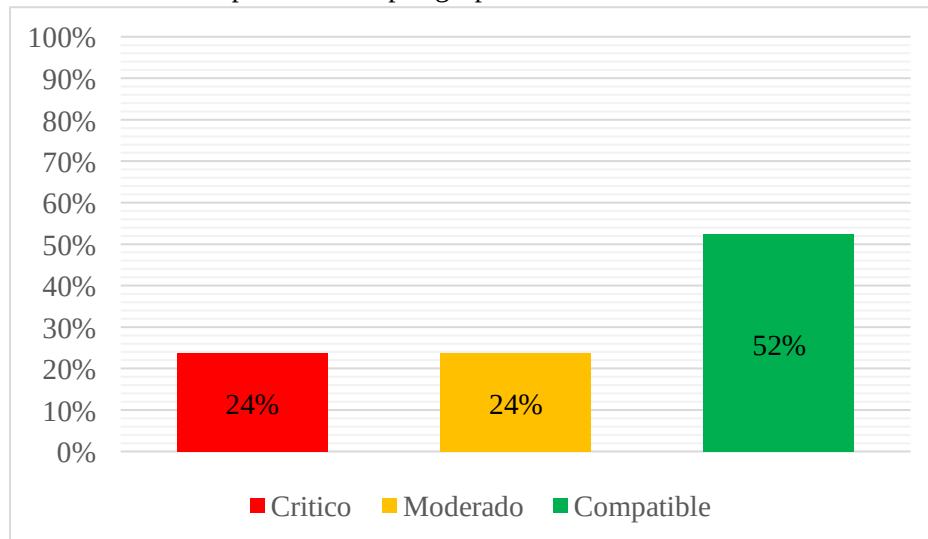
Para la elaboración de esta matriz, se identificaron inicialmente 49 combinaciones posibles entre los residuos generados. No obstante, para el análisis se seleccionaron únicamente 21 combinaciones consideradas como las más relevantes, ya que corresponden a residuos que coexisten en las mismas áreas de almacenamiento y que, en caso de ser manejados incorrectamente, representan un mayor riesgo. Este criterio permitió enfocar el análisis en las incompatibilidades con mayor probabilidad de ocurrencia, de acuerdo con las condiciones reales del laboratorio.

A partir del análisis de las combinaciones seleccionadas, se identificaron distintos niveles de compatibilidad, los cuales se clasificaron en compatibles, moderados y críticos. El resumen de estos resultados se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 21. Resultados de la matriz de incompatibilidades.

Tipo de incompatibilidad	Número de combinaciones	Porcentaje
Compatibles	11	52%
Incompatibilidad moderada	5	24%
Incompatibilidad crítica	5	24%
Total	21	100%

Gráfico 3. Incompatibilidades por grupo



Los análisis realizados indican que las combinaciones evaluadas presentan algún grado de incompatibilidad, lo que evidencia la existencia de riesgos potenciales en el manejo y almacenamiento de residuos peligrosos dentro del laboratorio.

Estas incompatibilidades corresponden principalmente a combinaciones entre residuos con características inflamables, sustancias reactivas y residuos con propiedades tóxicas, cuyas interacciones pueden generar reacciones peligrosas, tales como la liberación de vapores inflamables, incremento de temperatura o formación de subproductos nocivos.

Por otro lado, las incompatibilidades clasificadas como moderadas señalan la necesidad de reforzar los controles operativos y administrativos, ya que, aunque no representan un riesgo inmediato, pueden derivar en condiciones inseguras si no se gestionan adecuadamente.

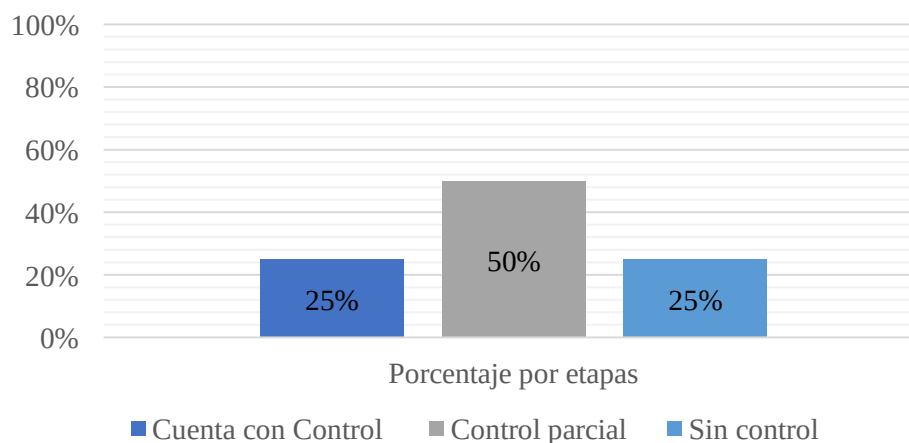
En este contexto, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis del proceso de manejo de residuos peligrosos y no peligrosos, utilizando como herramienta el diagrama de flujo. Este análisis permitió evaluar el grado de control existente en cada una de las etapas del proceso, así como identificar fallas, riesgos y oportunidades de mejora.

El diagrama de flujo permitió identificar un total de ocho etapas en el proceso de manejo de residuos, desde su generación hasta su disposición final. Cada una de estas etapas fue evaluada con base en el nivel de control existente, clasificándose conforme a los criterios que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 22. Nivel de control del proceso.

Nivel de control	Número de etapas	Porcentaje
Control total	2	25%
Control parcial	4	50%
Sin control	2	25%
Total	8	100%

Gráfico 4. Porcentaje por etapas del proceso.



Los resultados evidencian que solo el 25% de las etapas del proceso cuenta con control total, lo que indica que el manejo de residuos en el laboratorio se realiza en gran medida bajo prácticas no estandarizadas. Las etapas con control parcial carecen de procedimientos documentados, responsables definidos y registros formales, mientras que las etapas sin control representan áreas críticas al depender de la experiencia del personal.

En cuanto al cumplimiento normativo, se identificó un nivel parcial, con áreas de mejora en la identificación de incompatibilidades, la segregación de residuos y el control documental. La matriz CRETIB mostró que la inflamabilidad es la característica predominante, seguida de la toxicidad, lo que incrementa los riesgos si no se implementan controles adecuados.

Asimismo, el análisis de incompatibilidades reveló la presencia de combinaciones críticas que representan riesgos potenciales ante un manejo o almacenamiento inadecuado. Finalmente, el análisis del proceso confirmó la necesidad de fortalecer la estandarización y los controles operativos. En conjunto, estos resultados permitieron identificar las principales áreas de oportunidad en la gestión de residuos del laboratorio.

6. Conclusiones

El presente proyecto de tesis permitió analizar y diagnosticar el estado actual del manejo de residuos peligrosos y no peligrosos en el laboratorio de calidad de combustibles AmSpec de México, mediante la aplicación del ciclo PHVA y herramientas como el checklist normativo, la matriz de decisiones CRETIB, la matriz de incompatibilidades y el diagrama de flujo. Los resultados evidenciaron un nivel de cumplimiento normativo del 72%, lo que indica un cumplimiento aceptable; sin embargo, se identificaron áreas críticas de mejora en la estandarización de procesos, la segregación de residuos, la identificación de incompatibilidades y el control documental.

Uno de los hallazgos más relevantes fue la ausencia de registros sistemáticos y documentación formal, lo cual limita la trazabilidad del manejo de residuos y dificulta la toma de decisiones. Asimismo, se identificó una alta presencia de residuos con características inflamables y, en menor proporción, tóxicas, lo que representa un riesgo significativo para la seguridad operativa. El análisis de incompatibilidades reveló combinaciones críticas, mientras que el estudio del proceso mostró que solo el 25% de las etapas cuenta con control total.

En este contexto, el diseño del plan de gestión de residuos, basado en el ciclo PHVA, permitió establecer acciones orientadas a la mejora continua, tales como la implementación de registros, la estandarización de procedimientos y el fortalecimiento del cumplimiento normativo. Por lo anterior, se acepta la hipótesis de investigación (H1) y se rechaza la hipótesis nula (H^0), al demostrarse que dicho plan contribuye a mejorar el control operativo y la gestión de residuos en el laboratorio.

Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos, se recomendarán acciones de mejora, comenzando con la implementación continua del plan de gestión de los residuos peligrosos y no peligrosos diseñado en el presente proyecto, considerando la implementación de herramientas estadísticas y formatos que permitan mejorar el control y el manejo de residuos dentro del laboratorio de AmSpec.

Con lo que ya se ha establecido en el presente proyecto, se recomendara la utilización de formatos de registro de los residuos generados, dichos registros deberán contener información fundamental como: Tipo de residuo generado, clasificación (peligroso o no peligroso), característica CRETIB, área de origen, fecha de generación, responsable del registro, método de almacenamiento temporal y disposición final. La correcta implementación de estas bitácoras permitirá la generación de información importante y confiable para futuras evaluaciones y auditorias.

Se recomienda también el uso continuo de la matriz de decisiones en base a las características CRETIB, para asegurar la correcta clasificación de los residuos, de la misma manera con la matriz de incompatibilidades con el objetivo de prevenir riesgos derivados del almacenamiento entre residuos incompatibles y mejorar la segregación en las áreas de generación. Asimismo, se sugiere la aplicación constante del check list normativo, con el fin de evaluar el grado de cumplimiento que establece la normatividad aplicable.

Finalmente, se recomienda adoptar y formalizar, el diagrama de flujo para el proceso de manejo de residuos, con un procedimiento documentado, asignando responsabilidades y estableciendo los controles necesarios en cada etapa del proceso dentro del laboratorio con el objetivo de incrementar los niveles de cumplimiento y la mejora continua del sistema de gestión de los residuos peligrosos y no peligrosos.

Experiencia profesional adquirida.

En la elaboración de este proyecto, represento una gran experiencia en el ámbito profesional, ya que permitió aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos durante la

formación académica en la carrera de ingeniería industrial, por lo cual fue posible aplicar herramientas análisis de procesos y la mejora continua en un proceso real.

Durante el desarrollo de este proyecto en el laboratorio de calidad de AmSpec de México, se reforzaron habilidades relacionadas con el análisis e interpretación de la normatividad, la elaboración de diagnósticos, la identificación de riesgos, y la propuesta de acciones de mejora, todo esto en base a los resultados obtenidos de las herramientas como check list, la matriz CRETIB, la matriz de incompatibilidades y el diagrama de flujo del proceso manejo de residuos.

Esta experiencia permitió comprender la importancia de la documentación y los registros, así como el papel fundamental de la correcta gestión de los residuos para garantizar la seguridad operativa y el cumplimiento legal. De esta manera, la experiencia adquirida en el desarrollo del proyecto aportó conocimientos y habilidades al desempeño profesional para una futura implementación dentro de un entorno industrial.

Anexos

Anexo 1. Marco normativo aplicable al manejo de residuos.

Se identifica y describe el marco normativo aplicable para el manejo de residuos.

Tabla 23. Marco normativo (NOM).

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Descripción
NOM-052-SEMARNAT-2005	Define las características, el método de identificación, la clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
NOM-053-SEMARNAT-1993	Establece las técnicas de manejo más adecuadas y el nivel de toxicidad al ambiente de un residuo peligroso.
NOM-054- SEMARNAT-1993	Define el procedimiento para identificar la incompatibilidad entre dos o más residuos clasificados como peligrosos conforme a la norma oficial mexicana NOM-CRP-001ECOL/1993.
NOM-O83-SEMARNAT-2003.	Define las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, el diseño, la construcción, la operación, el monitoreo, la clausura y las obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.	Define la clasificación de los residuos peligrosos biológicos-infecciosos, así como las especificaciones para su manejo.
NOM-001-ASEA-2019 Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA).	Define los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial del sector hidrocarburos y determinar cuáles están sujetos a plan de Manejo; así como su listado de los elementos para la formulación y gestión de los planes de manejo de residuos peligrosos en el sector hidrocarburos.

Anexo 2. Marco normativo aplicable para la gestión de residuos peligrosos en un laboratorio de análisis de hidrocarburos.

La normatividad seleccionada, determinará las obligaciones que se deberán cumplir para la base del diseño del plan de gestión de los residuos. Consiguiente se procede a verificar el cumplimiento real de AmSpec mediante un check list. Las siguientes normas que se describen y concretaron son las siguientes.

Tabla 24. Marco normativo aplicable 2 (NOM).

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Aplicación.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Identifica y clasifica los residuos peligrosos
NOM-053-SEMARNAT-1993	Determina la toxicidad de los residuos
NOM-054- SEMARNAT-1993	Verifica la incompatibilidad entre los residuos
NOM-001-ASEA-2019	Establece lineamientos para el manejo especial de hidrocarburos

Referencias bibliográficas

Asana. (17 de febrero de 2025). *¿Qué es un diagrama de flujo y cómo hacerlo?* Obtenido de <https://asana.com/es/resources/what-is-a-flowchart>

Blanco, K. (5 de noviembre de 2020). *¿Qué son las “checklist” y que podemos aprender de ellas sin ser pilotos?* Obtenido de Medium: <https://medium.com/estudiante-deaviaci%C3%B3n/qu%C3%A9-son-las-checklist-y-que-podemos-aprender-de-ellas-sin-serpilotos-f177cf038d9f>

BOCANGEL WEYDERT, G. A. (agosto de 2021). *Ingeniería de procesos*. (G. A. BOCANGEL WEYDERT, Ed.) Obtenido de Universidad Nacional Hermilio Valdizán: <https://webs.unheval.edu.pe/public/filemanager/files/FAC-FIIS/INDUSTRIAL/NOTICIAS/INGENIERIA-DE-PROCESOS.pdf>

Castro, A. B. (abril - mayo de 2019). *Dialnet*. Obtenido de Checklist para autores y checklist para lectores: diferentes herramientas con diferentes objetivos: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7125323>

CIQUIME. (28 de diciembre de 2025). *Matriz de compatibilidad química*. . Obtenido de <https://www.ciquime.org/matrizcompatibilidad.html>

Distribuidores, A. M. (2017). *AMDA*. Obtenido de <https://www.amda.mx/wpcontent/uploads/ARCHIVOS-AMBIENTAL/Gui%CC%81a%20ra%CC%81pida%20Residuos%20Peligrosos%20.pdf>

Durán., D. M. (19 de agosto de 2017). *Programa estatal para la prevención y gestion integral de los residuos de manejo especial del estado de Baja California*. (S. d. California, Ed.) Obtenido de Cortinas de Nava: https://bajacalifornia.gob.mx/Documentos/sest/desarrollo_sustentable/Programas_Proyectos/Residuos/residuos.pdf

Federación, D. O. (16 de abril de 2019). *NORMAS_OFICIALES_MEXICANAS_NOM-001-ASEA-2019*. Obtenido de Catálogo Mexicano de Normas:

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/502872/NORMAS_OFICIALES_MEXICANAS_NOM-001-ASEA-](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/502872/NORMAS_OFICIALES_MEXICANAS_NOM-001-ASEA-2019.pdf#:~:text=Campo%20de%20aplicaci%C3%B3n%20La%20presente%20Norma%20Oficial,Protecci%C3%B3n%20al%20Medio%20Ambiente%20del%20Sector%20Hidrocarburos.)

[2019.pdf#:~:text=Campo%20de%20aplicaci%C3%B3n%20La%20presente%20Norma%20Oficial,Protecci%C3%B3n%20al%20Medio%20Ambiente%20del%20Sector%20Hidrocarburos.](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/502872/NORMAS_OFICIALES_MEXICANAS_NOM-001-ASEA-2019.pdf#:~:text=Campo%20de%20aplicaci%C3%B3n%20La%20presente%20Norma%20Oficial,Protecci%C3%B3n%20al%20Medio%20Ambiente%20del%20Sector%20Hidrocarburos.)

Group, E. (28 de junio de 2022). *La importancia de contar con un checklist para controlar el sistema de gestión de calidad en el sector industrial*. Obtenido de nueva-iso-9001-2015: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2022/06/checklist-para-controlar-sistema-gestion-de-calidad-sector-industrial/>

Group, S. C. (26 de junio de 2015). *Checklist / Hoja de Verificación*. Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/checklist/>

Lab, O. (20 de mayo de 2025). *¿Qué es el CRETIB y por qué es clave en la gestión de residuos peligrosos?* Obtenido de <https://www.oroicolab.com.mx/blog/que-es-el-cretib-y-porque-es-clave-en-la-gestion-de-residuos-peligrosos>

Martins, J. (18 de febrero de 2025). *7 sencillos pasos para crear una matriz de decisiones*. Obtenido de asana: <https://asana.com/es/resources/decision-matrix-examples>

MasterClass. (23 de mayo de 2022). *Descripción general de la matriz de decisión: cómo crear una matriz de decisión*. Obtenido de <https://www.masterclass.com/articles/decisionmatrix>

miro. (2026). *Matriz de decisión*. Obtenido de <https://miro.com/es/planificacionestrategica/que-es-matriz-decision/>

Modelo PHVA o ciclo PHVA. (s.f.). Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/734168606/Modelo-PHVA-o-ciclo-PHVA>

NOM-052-SEMARNAT-2005., N. 7. (23 de junio de 2006). *Profepa*. (P. E. Naturales, Ed.) Obtenido de <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1291/1/nom-052-semarnat2005.pdf>

Pineda, L. C. (noviembre de 2019). *Repositorio Institucional UMNG*. Obtenido de El modelo

Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el:
<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/c6908a00-bc53-44d5-b402d0779d159872/content>

Romero, J. A. (24 de octubre de 2025). *Diagrama de procesos y su importancia para tu empresa*. Obtenido de cegid: <https://www.cegid.com/ib/es/blog/que-es-diagrama-deprocesos/#3>

SafetYA. (25 de noviembre de 2021). *Matriz de compatibilidad de productos químicos*. Obtenido de <https://safetya.co/matriz-de-compatibilidad-de-productos-quimicos/>

Weber, D. F. (1995). *Residuos peligrosos en México*. México: Instituto Nacional de Ecología. Obtenido de https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=tLfapyUBOAMC&oi=fnd&pg=PT4&dq=concepto+de+residuos+peligrosos+y+no+peligrosos+&ots=7RNGnuExB7&sig=3LYhKKrdDUAnqBoe_PfPp0Ycpnw&redir_esc=y#v=onepage&q=concepto%20de%20residuos%20peligrosos%20y%20no%20peligrosos