



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
MAESTRÍA EN GESTIÓN ADMINISTRATIVA



"POR MI PATRIA Y POR MI BIEN"

TESIS

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA LOGÍSTICA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS EN
PLATAFORMAS PETROLERAS DEL GOLFO DE MÉXICO**

**Que para obtener el Grado de
Maestra en Gestión Administrativa**

Presenta:

Ing. Leslie Estefanía Castán Morales

G15070814

Director de Tesis

MF. Brenda Araceli Betanzos Tlapa

Co-director de Tesis

Mtra. Irma Beatriz Florencia Castillo

Ciudad Madero, Tamaulipas, **05/junio/2024**

OFICIO No.: U.082/2024

ASUNTO: Autorización de impresión de tesis

C. LESLIE ESTEFANIA CASTÁN MORALES
No. DE CONTROL G15070814
P R E S E N T E

Me es grato comunicarle que después de la revisión realizada por el Jurado designado para su Examen de Grado de Maestría en Gestión Administrativa, se acordó autorizar la impresión de su tesis titulada:

“PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA LOGÍSTICA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS EN PLATAFORMAS PETROLERAS DEL GOLFO DE MÉXICO”

El Jurado está integrado por los siguientes catedráticos:

PRESIDENTA:	MTRA. BRENDA ARACELY BETANZOS TLAPA
SECRETARIA:	MTRA. IRMA BEATRIZ FLORENCIA CASTILLO
VOCAL:	MTRA. MA. DEL LOURDES MAYAGOITIA ASOMOZA
SUPLENTE:	DRA. MARGARITA ZAVALA ARCE
DIRECTORA DE TESIS:	MTRA. BRENDA ARACELY BETANZOS TLAPA
CO-DIRECTORA:	MTRA. IRMA BEATRIZ FLORENCIA CASTILLO

Es muy satisfactorio para la División de Estudios de Posgrado e Investigación compartir con usted el logro de esta meta. Espero que continúe con éxito su desarrollo profesional y dedique su experiencia e inteligencia en beneficio de México.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

“Por mi patria y por mi bien”®



MARCO ANTONIO CORONEL GARCÍA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



c.c.p.- Archivo

MACG/BABT



Av. 1º de Mayo y Sor Juana I. de la Cruz S/N Col. Los Mangos C.P. 89440 Cd. Madero, Tam.
Tel. 01 (833) 357 48 20, ext. 3110, e-mail: depi_cdmadero@tecnm.mx
tecnm.mx | cdmadero.tecnm.mx



Dedicatoria

A Dios nuestro Señor, por todas las bendiciones que me ha dado durante el camino.

A mis padres Guadalupe Morales Moreno y Emilio Castán Rocha, por siempre estar junto a mí en todos los momentos de mi vida, apoyándome para avanzar hacia la obtención de mis objetivos.

A mi hermano Emilio Jair Castán Morales, por estar siempre atento para atender mis dudas y por estar juntos en todo momento.

A mis abuelitos Clementina Rocha Juárez y Jorge Castán Molina, que me apoyan siempre con sus palabras de aliento.

A mis abuelitos Guadalupe Moreno Pérez y Ramón Morales Ortiz, que desde el cielo siento su apoyo y orgullo.

A mi cuñada Blanca Flor Casados Sánchez y a mi sobrina Emily Daneslie Castán Casados, por motivarme y poder alcanzar mis metas.

A Adrián, por su apoyo invaluable y por darme su afecto y cariño, que son motor para transitar por el camino rumbo al éxito.

Reconocimientos

Al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, por todos los momentos de felicidad que pasé en sus aulas, pasillos y áreas deportivas, y por formarme como Profesional con valores.

A la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, por brindarme la oportunidad de estudiar con ellos para obtener el Grado de Maestro en Gestión Administrativa y alcanzar este tan importante objetivo de mi vida.

A la Maestra Brenda Aracely Betanzos Tlapa, por todos los apoyos de asesoría durante mi estancia en la maestría en Gestión Administrativa, siendo una persona muy importante en la culminación de mis estudios de Posgrado.

Resumen

A pesar de los grandes avances científicos y tecnológicos que se han desarrollado en los últimos años, el mal manejo de los residuos generados en plataformas de perforación marinas continúa provocando un importante nivel de contaminación en nuestro entorno. La contaminación del suelo, el agua e incluso el aire, ha hecho que sea cada vez más crucial el controlar esta problemática, sin embargo, son muchos los retos a los que se enfrentan las plataformas marinas para lograr esto, debido a diversos factores, como lo son: la falta de capacitación, el desconocimiento y ausencia de una consciencia sustentable del personal que labora en el sector petrolero.

Debido a lo anterior, el objetivo general de este trabajo de investigación es el proponer un nuevo plan de logística para mejorar el manejo de residuos en las plataformas de perforación marinas del Golfo de México. De esta forma, se busca optimizar el proceso de recolección, almacenaje y transporte de los residuos con el propósito de minimizar los impactos negativos al medio ambiente y a la salud de la población.

Para la realización de este trabajo, se recopiló información bibliográfica de diversas fuentes como artículos, libros y casos de estudio. Posteriormente, se realizó trabajo de campo para obtener datos de la generación de residuos en una plataforma de perforación marina. El proceso de recolección de datos se efectuó durante un total de 4 meses, en los que se generaron residuos de diferentes tipos y categorías, como: madera, papel y cartón, plástico y caucho, , latas y vidrio, entre otros.

De esta forma fue posible la presentación de una propuesta de plan para la mejora del manejo de residuos en plataformas de perforación marinas, destinado a disminuir el tiempo invertido en el proceso de recolección, segregación y disposición final de los residuos, así mismo, permitir una rápida identificación del tipo de contenedores a emplear en cada caso y disminuir la aparición de errores durante el proceso completo.

Abstract

Despite the significant scientific and technological advances that have been made in recent years, the inadequate management of waste generated on offshore drilling platforms continues causing a significant level of pollution in our environment. The pollution of the ground, water and even the air has made it increasingly crucial to control this problem. However, there are many challenges facing offshore drilling platforms to achieve this, due to various factors, such as: lack of training, knowledge and sustainable awareness of the personnel working in the oil and gas sector.

Therefore, the general objective of this research is to propose a new logistics plan to improve waste management on offshore oil platforms in the Gulf of Mexico. In this way, it aims to optimize the process of collection, temporary storage, and transport of waste to minimize negative impacts on the environment and the health of the population.

For this work, bibliographic information was collected from various sources such as articles, books and case studies. Subsequently, fieldwork was performed to obtain data on waste generation on an offshore drilling platform. The data collection process was carried out over a total of 4 months, during which waste of different types and categories was generated, such as: paper and cardboard, plastic and rubber, wood, cans and glass, etc.

As a result, it was possible to present a proposal for a plan to improve waste management on offshore drilling platforms, aimed at reducing the time invested in the process of collection, segregation and final disposal of waste, as well as allowing a quick identification of the type of containers to be used in each case and reducing the occurrence of errors during the entire process.

Índice

Dedicatoria.....	I
Reconocimientos	II
Resumen	III
Abstract.....	IV
Lista de Figuras	VIII
Lista de Tabla	X
Capítulo 1 – Introducción.....	11
1.1 Antecedentes.....	11
1.2 Presentación y descripción del problema de investigación	11
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo general	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Justificación	13
1.5 Importancia del trabajo.....	13
1.6 Limitaciones	14
1.7 Delimitaciones de la Investigación.....	14
1.8 Hipótesis planteada.....	14
Capítulo 2 – Marco teórico.....	15
2.1 Marco conceptual	15
2.1.1 Tipos de plataformas	15
2.1.2 Características técnicas de las plataformas petroleras marinas	18
2.1.3 Fuentes de generación de residuos en plataformas petroleras marinas	19
2.1.4 Clasificación de los residuos en plataformas petroleras marinas	21
2.1.5 Tipos de contenedores para la disposición de los residuos y su identificación.....	22
2.1.6 Disposición final de residuos de plataformas petroleras marinas.....	23
2.2 Marco histórico.....	24
2.3 Fundamentos teóricos.....	25

2.3.1 Etapas en la evolución de la gestión de los residuos	25
2.3.2 Aspectos económicos de las plataformas marinas del Golfo de México	26
2.3.3 Procedimientos realizados durante la vida de un pozo.....	27
2.3.4 Gestión de residuos de manejo especial y residuos peligrosos	28
2.4 Marco Normativo o Legal	29
Capítulo 3 – Metodología de la investigación	33
3.1 Tipo de estudio	33
3.2 Diseño de la investigación (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).....	33
3.3 Nacimiento de la idea	34
3.4 Población	34
3.5 Instrumentos para capturar la información.....	35
3.6 Software a utilizar.....	35
3.7 Técnicas de tabulación de la información	36
Capítulo 4 – Presentación y análisis de resultados	37
4.1 Situación actual del manejo de los residuos en plataformas marinas.....	37
4.2 Generación de residuos.....	37
4.2.1 Análisis de la generación de Residuos de Manejo Especial (RME).....	39
4.2.2 Análisis de la generación de Residuos Peligrosos (RP)	42
4.3 Análisis de las fuentes de generación y resguardo de residuos	47
4.3.1 Impacto ambiental en las plataformas petroleras	58
4.4 Propuesta para el plan de manejo de residuos	58
4.4.1 Clasificación y manejo integral de residuos de manejo especial generados en plataformas marinas.....	67
4.4.2 Clasificación y manejo integral de residuos peligrosos generados en plataformas marinas	68
Capítulo 5 – Conclusiones y recomendaciones	69
5.1 Conclusión del objetivo general de la investigación	69
5.2 Conclusión de los objetivos específicos	69

5.3 Conclusión de la Hipótesis	70
5.4 Conclusiones generales.....	70
5.5 Recomendaciones	71
5.6 Trabajos futuros.....	72
Bibliografía.....	73

Lista de Figuras

Figura 1. Ejemplo de plataforma fija.....	15
Figura 2. Ejemplo de plataforma semi-sumergible	16
Figura 3. Ejemplo de plataforma de perforación.....	17
Figura 4. Ejemplo de plataforma de procesamiento	18
Figura 5. Ejemplo del Formato de la Bitácora	35
Figura 6. Ejemplo de Tabla en Excel para el análisis de la información	36
Figura 7. Ejemplo de Super saco	48
Figura 8. Ejemplo de tambor	49
Figura 9. Ejemplo de contenedor rojo	50
Figura 10. Ejemplo de bolsa roja.....	50
Figura 11. Ejemplo del contenedor Tote.....	51
Figura 12. Ejemplo de cubeta para batería	52
Figura 13. Ejemplo de caja de madera industrial	53
Figura 14. Ejemplo de Mini contenedor.....	53
Figura 15. Ejemplo de Contenedor.....	54
Figura 16. Ejemplo de contenedor Waste skip.....	55
Figura 17. Ejemplo de contenedor para aparatos electrónicos	55
Figura 18. Ejemplo de Cutting box	56
Figura 19. Ejemplo de waste bin	57
Figura 20. Ejemplo de Cutting transport tank	57
Figura 21. Contenedores colocados en plataforma para su posterior disposición.....	62
Figura 22. Contenedor especial para chatarra de metal.....	62
Figura 23. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en oficinas	63

Figura 24. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en comedores	64
Figura 25. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en áreas comunes	65
Figura 26. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en vestidores	66
Figura 27. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en el área de gimnasio.....	66

Lista de Tabla

Tabla 1. Datos recopilados de RME en la plataforma marina de estudio.	38
Tabla 2. Datos recopilados de RP.....	39
Tabla 3. Generación de RME en los meses de enero y febrero.....	40
Tabla 4. Generación de RME en los periodos mayo y junio.....	41
Tabla 5. Generación total de RME en los 4 periodos.....	42
Tabla 6. Generación de RP en el mes de enero.....	43
Tabla 7. Generación de RP en el mes de febrero.....	44
Tabla 8. Generación de RP en el mes de mayo.....	45
Tabla 9. Generación de RP en el mes de junio.....	46
Tabla 10. Generación total de RP en los meses enero, febrero, mayo y junio.....	47
Tabla 11. Clasificación de los RME, según la LGPGIR.....	67
Tabla 12. RP generados plataformas marinas.....	68

Capítulo 1 – Introducción

1.1 Antecedentes

Los hidrocarburos son parte fundamental en la vida cotidiana de los seres humanos, debido a que, gracias a este recurso natural, se obtiene energía y una gran cantidad de productos derivados del mismo. Sin embargo, los procesos desde la exploración, perforación, reparación, mantenimiento de pozos y todas las operaciones especiales que se realizan en la vida productiva de un pozo, causan importantes impactos ambientales derivado de cada una de estas actividades (Jacintos Nieves, 2013).

Existen múltiples causas que generan impacto ambiental en la industria petrolera, por negligencia o errores humanos y por eventos ajenos a acciones humanas (Pinkus-Rendón & Contreras-Sánchez, 2012). Como parte de la ingeniería en la industria del petróleo y gas en lo que corresponde en los eventos ajenos a las acciones humanas, es fundamental la prevención en materia de equipamiento y por otro lado un conocimiento en caso de que se presente un evento como un brote, una fuga de H₂S o un derrame, se tengan las herramientas suficientes para contener dicho evento (Natalia & Joan, 2018).

Los descuidos humanos o errores operativos de las personas involucradas, en especial en la segregación y disposición de los residuos en un pozo, causan un impacto ambiental importante debido a la mala gestión de los residuos o al desconocimiento del proceso.

1.2 Presentación y descripción del problema de investigación

El inadecuado manejo de los residuos generados en las plataformas de perforación marinas tiene distintas causas, que van desde los errores humanos en la clasificación de los residuos, hasta la falta de compromiso por parte de las empresas petroleras, causando un impacto ambiental importante debido a la mala gestión de los residuos o al desconocimiento del proceso.

Si los residuos de las plataformas de perforación marinas no son manejados de manera adecuada, estos pueden ocasionar una grave contaminación tanto en los ecosistemas marinos como terrestres, además los productos químicos utilizados en las operaciones pueden contaminar los cuerpos de agua.

Por este motivo es importante capacitar al personal que se encuentra a bordo de las plataformas de perforación acerca de todos los lineamientos y procedimientos relacionados con la segregación y manejo de cada uno de los distintos residuos generados en plataformas de perforación marinas, así como también, tener una mejora continua en el proceso, reduciendo el impacto ambiental y los tiempos al momento de clasificar los residuos.

1.3 Objetivos

De acuerdo con el planteamiento del problema previamente estipulado, se contemplan los siguientes objetivos.

1.3.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta de plan de mejora para la correcta segregación e identificación de los residuos generados en una plataforma de perforación marina en el Golfo de México para optimizar tiempos en su recolección, transporte y disposición final.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Identificar el tipo y características de la plataforma de perforación marina objeto de estudio que se encuentra ubicada en el Golfo de México
2. Analizar las fuentes de generación y resguardo de residuos
3. Identificar en el procedimiento existente las fallas en el manejo de residuos especiales y peligrosos.

4. Proponer un plan de mejora para el manejo de residuos

1.4 Justificación

El interés y la importancia de este proyecto radica en proponer un nuevo sistema de logística para que el proceso de recolección, almacenaje y transporte sea mejorado, es decir, se generará una clasificación específica para los diferentes tipos de residuos aunado a que todo este proceso será realizado de una manera más rápida, permitiendo así reducir los tiempos muertos o trabajos dobles por reclasificar los desechos. Del mismo modo, se busca plantear lineamientos que permitan mejorar el almacenaje de los residuos generados mediante el rehúso y reciclaje de estos.

Esto ha vuelto indispensable el que las plataformas integren mejores mecanismos y planes de acción que permitan garantizar un adecuado y eficiente tratamiento de los residuos, que coadyuven para la disminución del impacto negativo de los residuos para el medio ambiente y para el ser humano.

1.5 Importancia del trabajo

Es importante considerar el impacto ambiental en la gestión de residuos ya que este juega un papel esencial para minimizar los efectos negativos en el medio ambiente, los recursos naturales, la salud humana y la biodiversidad. Una gestión adecuada busca reducir, reutilizar, reciclar y tratar los residuos de manera sostenible, contribuyendo así a la conservación del medio ambiente y la promoción de una sociedad más saludable y resiliente.

1.6 Limitaciones

Debido a las políticas de seguridad y privacidad de la plataforma de perforación marina, no fue posible adquirir fotografías de todo el proceso de clasificación de los residuos, así como, de los contenedores utilizados para su disposición final, de tal forma que algunas imágenes fueron recabadas desde otra fuente que permitiera al lector un mejor entendimiento del trabajo de investigación.

Por otro lado, no se profundizará en aspectos posteriores a la entrega de los residuos de la empresa responsable para su tratamiento.

1.7 Delimitaciones de la Investigación

La recolección de los datos se realizó en una plataforma de perforación marina específica en un periodo de 4 meses debido a términos de tiempo y recursos que puede resultar en un proceso costoso y requerir una gran cantidad de recursos para extender el estudio. Por otro lado, se enfocó en dos tipos de residuos; manejo especial y peligrosos.

1.8 Hipótesis planteada

Tomando en cuenta al problema de investigación y a los objetivos planteados para su cumplimiento, se estructuró la siguiente hipótesis:

A partir de la información recabada del análisis es posible proponer un plan de mejora el cual permita lograr una segregación consciente y específica de todos los residuos generados a bordo de una plataforma de perforación, así como la disminución en los tiempos de ejecución en toda la cadena logística para la disposición de los mismos.

Capítulo 2 – Marco teórico

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Tipos de plataformas

Las plataformas petroleras marinas pueden clasificarse en varios tipos según su diseño, función y ubicación (Vann, 2010). Algunos de los tipos más comunes incluyen:

- **Plataformas fijas:** son estructuras permanentes que se asientan sobre el lecho marino y están diseñadas para soportar cargas estáticas y dinámicas (ver figura 1). Pueden ser de acero o concreto y se utilizan principalmente en aguas poco profundas.



Figura 1. Ejemplo de plataforma fija
Fuente: Plataforma fija de (LTD, 2023)
(<http://derotechoffshore.com/>)

- **Plataformas semi-sumergibles:** son plataformas flotantes que tienen patas o columnas sumergidas y están diseñadas para soportar cargas dinámicas y condiciones climáticas extremas, como se observa en la figura 2. Se utilizan principalmente en aguas profundas y ultra profundas.



Figura 2. Ejemplo de plataforma semi-sumergible
Fuente: Plataforma semi-sumergible de (Krohne Marine S.A. de C.V., 2023)
(<https://es.krohne.com/es/industrias/industria-marina>)

- **Plataformas de perforación:** estas plataformas se utilizan para perforar pozos de petróleo o gas (ver figura 3). Pueden ser de varios tipos, incluyendo plataformas flotantes (como plataformas semi-sumergibles y plataformas de perforación autoelevables) y plataformas fijas (Ambiente, n.d.).



Figura 3. Ejemplo de plataforma de perforación

Fuente: Plataforma de perforación de (Khrono Marine S.A. de C.V., 2023)
(<https://www.katchkan.com/docs/the-future-of-deepwater-operations/>)

- **Plataformas de producción:** estas plataformas se utilizan para producir petróleo o gas de pozos perforados. Al igual que las plataformas de perforación, pueden ser de varios tipos, incluyendo plataformas flotantes y fijas.
- **Plataformas de almacenamiento:** estas plataformas se utilizan para almacenar petróleo o gas producidos antes de que se envíen a tierra. También pueden utilizarse para almacenar petróleo o gas de reserva.
- **Plataformas de procesamiento:** estas plataformas se utilizan para procesar petróleo o gas producidos antes de que se envíen a tierra (ver figura 4). El procesamiento puede incluir separar el petróleo y el gas, eliminar los contaminantes y ajustar la calidad del petróleo.



Figura 4. Ejemplo de plataforma de procesamiento
Fuente: Plataforma de procesamiento de (Industriales, 2022)
(<https://brr.mx/3-soluciones-industriales-clave-para-el-sector-petrolero/>)

- **Plataformas de servicio:** estas plataformas se utilizan para proporcionar servicios de apoyo a otras plataformas, como el suministro de alimentos, agua y suministros médicos, así como servicios de mantenimiento y reparación.

2.1.2 Características técnicas de las plataformas petroleras marinas

Por otra parte, las características técnicas de las plataformas petroleras marinas pueden variar según el tipo de plataforma. A continuación, se mencionan las características más comunes:

- **Altura:** las plataformas fijas pueden tener una altura de hasta 500 pies (152 metros), mientras que las plataformas flotantes pueden tener una altura de hasta 1000 pies (305 metros) o más.
- **Peso:** las plataformas fijas pueden pesar varias toneladas, mientras que las plataformas flotantes pueden pesar decenas de miles de toneladas.

- **Capacidad de carga:** las plataformas fijas pueden soportar cargas de hasta 50,000 toneladas, mientras que las plataformas flotantes pueden soportar cargas de hasta 250,000 toneladas o más.
- **Capacidad de producción:** las plataformas de producción pueden producir desde unos pocos cientos de barriles de petróleo por día hasta más de 200,000 barriles por día.
- **Profundidad máxima de operación:** las plataformas fijas pueden operar en aguas poco profundas de hasta 1,000 pies (305 metros), mientras que las plataformas flotantes pueden operar en aguas profundas de hasta 12,000 pies (3,658 metros) o más.
- **Equipamiento:** las plataformas pueden estar equipadas con equipos de perforación, equipos de producción, sistemas de almacenamiento y tratamiento de fluidos, sistemas de control y seguridad, sistemas de comunicación y otros equipos especializados.
- **Sistemas de seguridad:** todas las plataformas están equipadas con sistemas de seguridad para prevenir accidentes y minimizar los riesgos para el personal y el medio ambiente. Estos sistemas pueden incluir equipos de protección personal, sistemas de extinción de incendios, sistemas de control de derrames, sistemas de evacuación y otros sistemas especializados.

Cabe mencionar que estas características pueden variar según el tipo de plataforma y el diseño específico de cada una (Onepetro UNAM, 2017). Además, las plataformas petroleras marinas están sujetas a normativas y estándares de seguridad y medio ambiente para garantizar su operación segura y responsable.

2.1.3 Fuentes de generación de residuos en plataformas petroleras marinas

Las plataformas petroleras marinas generan una variedad de residuos y desechos. Algunas de las fuentes de generación de residuos incluyen (Bravo, 2007):

- **Lodos de perforación:** los lodos de perforación se generan durante el proceso de perforación y contienen sólidos, líquidos y químicos que se utilizan para lubricar y enfriar la broca de perforación.
- **Aguas residuales:** se generan aguas residuales durante el proceso de producción de petróleo y gas. Estas aguas residuales pueden contener hidrocarburos, sólidos suspendidos, productos químicos y metales pesados.
- **Residuos sólidos:** los residuos sólidos se generan en la plataforma en forma de materiales de embalaje, envases de productos químicos, alimentos y otros desechos.
- **Emisiones atmosféricas:** las emisiones atmosféricas se generan durante la quema de gas y la liberación de vapores de hidrocarburos durante la producción de petróleo y gas.
- **Desperdicio de comida:** los restos de comida y los residuos orgánicos se generan en las plataformas debido al consumo de alimentos.
- **Aceites lubricantes usados:** Los equipos y maquinarias en una plataforma requieren lubricación regular, lo que resulta en la generación de aceites lubricantes usados. Estos aceites deben ser recolectados y gestionados de manera adecuada para su reciclaje, reutilización o disposición final controlada.
- **Productos químicos:** En las operaciones de una plataforma petrolera se utilizan diferentes productos químicos, como agentes de perforación, inhibidores de corrosión, biocidas y dispersantes. Los envases vacíos y los residuos químicos deben ser manipulados y eliminados siguiendo las normativas de seguridad y protección ambiental.

2.1.4 Clasificación de los residuos en plataformas petroleras marinas

Los residuos en las plataformas petroleras marinas pueden clasificarse en diferentes categorías en función de sus características y de los procesos a los que están asociados (Yacovitch et al., 2020). A continuación, se presentan algunas de las categorías más comunes de residuos:

- **Residuos peligrosos:** son aquellos que contienen sustancias químicas peligrosas, tales como disolventes, ácidos, bases, compuestos orgánicos volátiles, entre otros. Estos residuos pueden ser inflamables, corrosivos, tóxicos o reactivos y pueden presentar riesgos para la salud humana y el medio ambiente.
- **Residuos no peligrosos o de manejo especial:** son aquellos que no contienen sustancias químicas peligrosas y que pueden ser tratados de manera segura para su eliminación. Estos residuos pueden ser de naturaleza orgánica, inorgánica o inerte, y pueden incluir residuos de alimentos, papel, plásticos, madera, metales y otros materiales.
- **Lodos de perforación:** son residuos generados durante el proceso de perforación y que pueden contener sólidos, líquidos y productos químicos. Estos lodos pueden ser clasificados como peligrosos o no peligrosos, dependiendo de los componentes químicos presentes en ellos.
- **Aguas residuales:** son las aguas que se generan durante la producción de petróleo y gas, y que pueden contener hidrocarburos, productos químicos, sólidos suspendidos y otros contaminantes. Estas aguas pueden ser tratadas y descargadas de manera segura o reutilizadas en el proceso de producción.

2.1.5 Tipos de contenedores para la disposición de los residuos y su identificación

Los residuos generados en las plataformas petroleras marinas deben ser almacenados de forma temporal y posteriormente eliminados de manera adecuada y segura. Para ello, se utilizan diferentes tipos de contenedores que se identifican de acuerdo con el tipo de residuo que contienen. A continuación, se presentan algunos de los tipos de contenedores más comunes para la disposición de residuos en las plataformas petroleras marinas y su identificación (Portillo, 2016):

- **Contenedores para residuos peligrosos:** se utilizan para el almacenamiento de residuos que contienen sustancias químicas peligrosas. Estos contenedores deben ser identificados con una etiqueta de color rojo, que indica que contienen residuos peligrosos. Además, deben estar cerrados herméticamente y contar con una capacidad y resistencia adecuada para el tipo de residuo que contienen.
- **Contenedores para residuos no peligrosos o de manejo especial:** se utilizan para el almacenamiento de residuos que no contienen sustancias químicas peligrosas. Estos contenedores pueden ser de diferentes tamaños y materiales, y deben estar identificados con una etiqueta de color verde, que indica que contienen residuos no peligrosos.
- **Contenedores para lodos de perforación:** se utilizan para el almacenamiento temporal de lodos de perforación, que contienen sólidos, líquidos y productos químicos. Estos contenedores deben estar identificados con una etiqueta de color amarillo y contar con una capacidad y resistencia adecuada para el tipo de lodo que contienen.
- **Contenedores para residuos orgánicos:** se utilizan para el almacenamiento temporal de residuos orgánicos, como restos de comida y otros materiales biodegradables. Estos

contenedores pueden ser de diferentes tamaños y deben estar identificados con una etiqueta de color marrón.

2.1.6 Disposición final de residuos de plataformas petroleras marinas

La disposición final de los residuos de las plataformas petroleras marinas es un paso crucial en la gestión de residuos, ya que debe asegurar que los residuos no representen un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. En general, la disposición final de los residuos de plataformas petroleras marinas se puede realizar de varias maneras (Universidad Autónoma de Nuevo León, 2015):

- **Vertederos controlados:** los vertederos controlados son lugares autorizados para la disposición final de residuos peligrosos y no peligrosos. En estos sitios, los residuos se colocan en celdas construidas con materiales impermeables, y se cubren con capas de tierra y otros materiales para evitar su exposición al medio ambiente.
- **Incineración:** la incineración es un proceso que se utiliza para destruir los RP y reducir su volumen. Este proceso implica la quema de los residuos a altas temperaturas, lo que los convierte en cenizas y gases. Este método se utiliza principalmente para la eliminación de RP, como solventes, aceites usados, y otros materiales inflamables.
- **Reciclaje:** la mayoría de los residuos generados en las plataformas petroleras marinas son reciclables. La recuperación y el reciclaje de los materiales pueden ayudar a reducir la cantidad de residuos que se envían a vertederos controlados. Algunos ejemplos de materiales que se pueden reciclar son el papel, el cartón, los metales y los plásticos.
- **Tratamiento biológico:** el tratamiento biológico es una opción de eliminación de residuos que utiliza procesos biológicos para reducir la cantidad de residuos en el medio

ambiente. Los residuos se pueden tratar con microorganismos para degradar y transformar los componentes orgánicos de los residuos en productos menos tóxicos.

2.2 Marco histórico

El plan de manejo de residuos empleado actualmente, cuyo nombre no puede ser descrito por confidencialidad, tiene como objetivo el establecer los pasos a seguir para la gestión integral de los residuos generados por las actividades costa afuera en una plataforma de perforación, desde su generación de los residuos hasta su disposición final, para asegurar el cumplimiento de la normatividad y el cuidado del medio ambiente.

Determina de igual forma el alcance de las responsabilidades de cada uno de los involucrados en el proceso, los formatos a emplear para la trazabilidad de los residuos, y los tipos de contenedores que pueden ser utilizados para la colocación de los desechos y el transporte de los mismos.

Dichos formatos siendo muy extensos, en los cuales se invierte mucho tiempo valioso que limita al personal a realizar el resto de sus actividades, como lo es la supervisión de la segregación del residuo, la identificación y etiquetado de cada uno de los contenedores y corroborar el correcto aseguramiento de las cargas antes de su envío a tierra.

El proceso se lleva a cabo sin una previa concientización al resto del personal que labora en la plataforma de perforación respecto a la importancia del cumplimiento de cada uno de los pasos a desarrollar para lograr la correcta disposición del residuo, lo cual impacta en los retrabajos al momento de realizar la segregación del residuo y el llenado de la documentación.

2.3 Fundamentos teóricos

La gestión de residuos en las plataformas petroleras ha evolucionado a lo largo del tiempo debido a la creciente conciencia sobre el impacto ambiental de la industria del petróleo y el desarrollo de regulaciones más estrictas. A continuación, se describen las etapas importantes que han sido parte de la evolución y desarrollo del impacto ambiental en la gestión de los residuos en la industria petrolera (Jiménez, 2001).

2.3.1 Etapas en la evolución de la gestión de los residuos

- **Etapas inicial (hasta mediados del siglo XX):** En las primeras décadas de la industria petrolera, la gestión de residuos no era una prioridad. Los desechos generados, como las aguas de producción y los lodos de perforación, a menudo se descargaban directamente al mar sin un tratamiento adecuado. Esto causaba una contaminación significativa de los ecosistemas marinos.
- **Avances en la gestión de residuos (décadas de 1960-1980):** A medida que aumentaba la preocupación por el impacto ambiental, se introdujeron regulaciones y prácticas para mejorar la gestión de residuos en las plataformas petroleras. Se implementaron sistemas de separación y tratamiento de aguas de producción para reducir su contenido de hidrocarburos y otros contaminantes antes de su descarga. También se mejoraron los métodos de eliminación de lodos de perforación, como la reinyección en pozos profundos.
- **Enfoque en la reducción y la reutilización (décadas de 1990-2000):** Durante este período, hubo una mayor conciencia sobre la necesidad de reducir la generación de residuos y promover la reutilización de materiales. Se implementaron prácticas de gestión más eficientes, como el uso de fluidos de perforación base agua en lugar de base aceite, lo que redujo la cantidad de residuos generados. También se fomentó la

reutilización de materiales, como tuberías y equipos, para minimizar el impacto ambiental.

- **Enfoque en la prevención y la tecnología (desde principios del siglo XXI):** En la actualidad, la gestión de residuos en las plataformas petroleras se centra en la prevención y el uso de tecnologías más avanzadas. Se han implementado medidas para evitar derrames y fugas, así como sistemas de monitoreo y control más sofisticados. Además, se han desarrollado tecnologías de tratamiento más eficientes, como la separación por membranas y la tecnología de oxidación avanzada, para tratar los efluentes y reducir aún más el impacto ambiental (Académica & Biológicas, n.d.).

2.3.2 Aspectos económicos de las plataformas marinas del Golfo de México

Los aspectos económicos relacionados con las plataformas petroleras marinas del Golfo de México pueden ser muy variables y dependen de diversos factores, tales como el tipo de plataforma, la profundidad del agua, el tipo de yacimiento, la distancia a la costa y las regulaciones y políticas gubernamentales (Agartan et al., 2018).

A continuación, se presentan algunos aspectos económicos comunes relacionados con las plataformas petroleras marinas del Golfo de México:

- **Inversión inicial:** la inversión inicial para construir y poner en marcha una plataforma petrolera puede variar significativamente dependiendo del tipo y tamaño de la plataforma, y puede oscilar entre unos pocos millones de dólares hasta varios miles de millones de dólares.
- **Costo de operación y mantenimiento:** el costo de operación y mantenimiento de una plataforma petrolera también puede variar dependiendo del tipo y tamaño de la plataforma, así como del nivel de producción y el tipo de yacimiento. Los costos pueden

incluir el suministro de energía, el mantenimiento de la plataforma, la compensación del personal, los costos de transporte y logística, entre otros.

- **Producción y precios del petróleo:** la producción de petróleo y los precios del petróleo pueden influir en los aspectos económicos de las plataformas petroleras. Un aumento en la producción y los precios del petróleo puede mejorar el retorno de inversión y la rentabilidad de la plataforma, mientras que una disminución en la producción y los precios del petróleo pueden reducir la rentabilidad.
- **Retorno de inversión:** el retorno de inversión (ROI) es una medida utilizada para evaluar la rentabilidad de la inversión en una plataforma petrolera. El ROI puede ser muy variable y dependerá de los costos de inversión, los ingresos de producción y otros costos asociados con la operación de la plataforma.
- **Políticas y regulaciones gubernamentales:** las políticas y regulaciones gubernamentales relacionadas con la exploración y producción de petróleo y gas en el Golfo de México pueden afectar los aspectos económicos de las plataformas petroleras. Las regulaciones pueden incluir tarifas de arrendamiento, impuestos, regulaciones ambientales y de seguridad, entre otras.

2.3.3 Procedimientos realizados durante la vida de un pozo

El monitoreo en tiempo real durante el desarrollo del pozo es generalmente realizado por el contratista a cargo de la limpieza del pozo o por un ingeniero que actúa como representante del propietario del pozo. La mayoría de las veces, se monitorean y registran uno o más parámetros (por ejemplo, contenido de areniscas, turbidez y capacidad específica) con el fin de evaluar la respuesta del pozo.

Otro parámetro importante que debería controlarse de cerca es la cantidad de horas que trabajó el contratista, porque muchas veces el desarrollo es un elemento de costo unitario que se factura por hora. Un método común para monitorear el pozo durante el desarrollo (o la limpieza) consiste en controlar el contenido de areniscas y la turbidez de la descarga durante el pistoneo con levantamiento de aire y bombeo con la bomba turbina.

La mayoría de las disposiciones exigen que todas las descargas del pozo deben satisfacer ciertos criterios físicos o químicos que se definen en un permiso de descargas (por ejemplo, el NPDES Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes) que se expide a nombre del propietario del pozo. Por lo común, incluyen parámetros de turbidez y contenido de areniscas, aunque también puede exigir el control de otros parámetros (Company, 2005).

2.3.4 Gestión de residuos de manejo especial y residuos peligrosos

La gestión de los residuos de manejo especial (RME) y los residuos peligrosos (RP) en las plataformas petroleras marinas es fundamental para minimizar los impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Para ello, se deben seguir una serie de pasos y prácticas adecuadas, que se detallan a continuación:

- **Identificación de los residuos:** es importante identificar y clasificar los residuos generados en las plataformas petroleras de acuerdo con su naturaleza y características. Los RP y RME deben ser identificados y manejados de manera diferente a los residuos no peligrosos.
- **Almacenamiento temporal:** los RP y RME deben ser almacenados temporalmente en contenedores adecuados, identificados y etiquetados de acuerdo con las normas y regulaciones establecidas. Estos contenedores deben estar cerrados herméticamente y ubicados en un lugar seguro y alejado de las áreas de trabajo y la vida marina.

- **Transporte seguro:** los RP y RME deben ser transportados de manera segura y adecuada hasta su destino final. El transporte debe ser realizado por personal capacitado y con vehículos y equipos adecuados para el tipo de residuo que se está transportando.
- **Tratamiento y eliminación:** los RP y RME deben ser tratados y eliminados de manera adecuada y segura, siguiendo las normas y regulaciones establecidas. Esto puede implicar procesos de tratamiento, como la incineración, la neutralización o la encapsulación, antes de su eliminación final en lugares autorizados y adecuados.
- **Registro y documentación:** es importante llevar un registro detallado de la cantidad, tipo y destino final de los residuos generados en las plataformas petroleras. Este registro debe ser actualizado y estar disponible para la inspección de las autoridades y los responsables de la gestión de residuos.

En resumen, la gestión adecuada de los RP y RME en las plataformas petroleras marinas implica la identificación, el almacenamiento temporal, el transporte seguro, el tratamiento y la eliminación adecuados, así como el registro y la documentación detallados de estos residuos (SEMADET, 2017).

2.4 Marco Normativo o Legal

Este trabajo de investigación se rige por los estatutos y cláusulas definidas en los siguientes apartados. Algunas de las normativas ambientales relevantes para la industria petrolera son las siguientes:

- **Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA)**
 - Artículo 1o.- Nos menciona los alcances de la Ley, la cual aplica en todo el territorio nacional y zonas en las que la Nación ejerce soberanía o jurisdicción y

tiene como objeto crear la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con autonomía técnica y de gestión.

- Artículo 3o. fracción VIII.- Define quiénes son los Regulados ante la presente Ley: las empresas productivas del Estado, las personas físicas y morales de los sectores público, social y privado que realicen actividades reguladas y materia de la presente Ley.
- Artículo 3o. fracción XI inciso a) El reconocimiento y exploración superficial, y la exploración y extracción de hidrocarburos.
- Artículo 4o.- Enfatiza en los casos no previstos por la presente Ley, se aplicarán de manera supletoria las disposiciones contenidas en la Ley de Hidrocarburos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, y la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

- **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**

- Artículo 28.- Se está en la obligación de elaborar y llevar a cabo planes de manejo de residuos.
- Artículo 31.- Nos menciona los tipos de desechos que deben contar con un plan de manejo, los cuales son los RP y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana.
- Artículo 46.- La obligación de los grandes generadores de RP a registrarse ante la Secretaría y someter a su consideración el Plan de Manejo de RP así como llevar una bitácora y presentar un informe anual acerca de la generación y modalidades de manejo a las que sujetaron sus residuos de acuerdo con los lineamientos que para tal fin se establezcan en el Reglamento de la presente Ley,

así como contar con un seguro ambiental, de conformidad con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

- **Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**

- Artículo 16.- Muestra las modalidades en la que se pueden establecer los planes de manejo para residuos.

- **Normas Oficiales Mexicanas**

- NOM-001-ASEA-2019.- Establece los criterios para clasificar a los RME del Sector Hidrocarburos y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, así como los elementos para la formulación y gestión de los Planes de Manejo de RP y RME del Sector Hidrocarburos.
- NOM-052-SEMARNAT-2005.- Establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, e incluye los listados de los RP y las características que hacen que se consideren como tales.

- **Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos para la gestión integral de los Residuos de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos**

- Artículo 10.- La obligación de presentar y registrar un plan de manejo RME de los grandes generados de estos tipos de residuos.
- Artículo 11.- Se deberá conservar toda la documentación generada durante el desarrollo de las actividades, metas y del manejo integral, contenidos en el registro del Plan de Manejo de RME; debiendo proporcionarla a la Agencia cuando ésta así lo requiera.

- **Petróleos Mexicanos, Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios**
 - NRF-040-PEMEX-2013.- Esta Norma establece los requisitos tanto operacionales como documentales que se deben cumplir en el manejo integral de los residuos sólidos urbanos, RME y RP generados en las plataformas marinas.

Capítulo 3 – Metodología de la investigación

3.1 Tipo de estudio

El estudio que se llevó a cabo en esta investigación es de tipo Transeccional o Transversal debido a que se recolectaron los datos en un determinado tiempo para llevar la bitácora de los residuos generados en un periodo de 4 meses. Este tipo de estudios se lleva a cabo en un único periodo de tiempo en el cual se describen variables y se analiza su incidencia en un momento dado (Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, 2006).

3.2 Diseño de la investigación (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

El presente trabajo de investigación se basa en una investigación no experimental, debido a que según como indica Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, (2014), este tipo de investigación no realiza la manipulación deliberada de variables, es decir, se trata de estudios en los que no se hace variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras. En este sentido, en la investigación no experimental se busca observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos.

En un estudio no experimental no se genera ninguna situación deliberada como ocurre en la experimental, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. La investigación no experimental es un parteaguas de varios estudios cuantitativos, como las encuestas de opinión, los estudios ex post-facto retrospectivos y prospectivos, etc.

De esta forma, como primer paso para lograr el objetivo planteado en este trabajo de investigación fue la identificación del tipo y características de las plataformas petroleras marinas en México, donde se recopiló información sobre las diferentes plataformas petroleras marinas en México, incluyendo su ubicación, tamaño, capacidad de producción y otros datos relevantes. Después se analizaron las fuentes de generación resguardo de residuos con el fin de identificar los procesos, almacenaje y resguardo de los residuos en las plataformas para posteriormente analizar el plan de manejo de residuos actual, así como, la situación actual en el impacto ambiental en la plataforma petrolera marina de estudio y de esta manera el proponer un plan de mejora para el manejo de residuos.

3.3 Nacimiento de la idea

En el sector petrolero, como en cualquier sector industrial, los descuidos humanos o errores operativos son un gran problema y pueden causar daño a las personas, la empresa y al medio ambiente. En este trabajo de investigación se ha notado que, en la plataforma de perforación marina estudiada, los procesos de segregación y disposición causan un impacto ambiental importante debido a la mala gestión de los residuos o al desconocimiento del proceso que posee el personal. Por lo que la importancia y el interés de este proyecto radicó en capacitar al personal acerca de los lineamientos y procedimientos relacionados con la segregación y manejo de cada uno de los distintos residuos generados en la plataforma, de manera que todo este proceso sea realizado de una manera más rápida, permitiendo reducir los tiempos muertos o trabajos dobles para reclasificar los desechos o corregir el llenado de documentos.

3.4 Población

Esta plataforma de perforación marina de estudio fue seleccionada debido a que el desarrollo de la plataforma ha planteado desafíos significativos en términos de manejo de residuos y en su impacto ambiental. El análisis detallado de la gestión de residuos permitió identificar áreas de mejora y proponer soluciones efectivas para mitigar los efectos negativos en el entorno marino,

así como, reducir los tiempos muertos en cuanto a las etapas de segregación y transporte de los desechos.

Se analizó el total de residuos emitidos durante los meses de enero, febrero, mayo y junio, y al considerarse en el presente estudio la totalidad de población, no se determina una muestra.

3.5 Instrumentos para capturar la información

Para recabar la información del estudio se realizó la estructura de una bitácora que permitió recolectar la información de los tipos de RME y RP y analizar cada uno de estos, de esta manera obtener la información de cada una de ellos con código CRETIB, es decir si pertenece a carácter corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso, otro de las características fue identificar su pesaje, el residuo total generado, su disposición final y el análisis de pesos entre el manifiesto marino y el ticket de su pesaje total registrado en toneladas.

GENERADOR													TRANSPORTE MARINO						
Item	Fecha de salida de plataforma	Descripción del residuo peligroso	C	R	E	T	I	B	Área o proceso de generación	Cantidad (pieza)	Tipo de envase	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o To)	Fecha de salida	Número manifiesto de salida	Razón Social del Transporte Marítimo	Número autorización transportista marino	Número de Embarcación
1																			
2																			

TRANSPORTE TERRESTRE					DISPOSICIÓN FINAL					ANÁLISIS DE PESOS			
Manifiesto Terrestre	Razón Social del Transporte Terrestre	Número autorización transportista terrestre	Placas de la unidad	Nombre del operador	Fecha de salida terrestre	Fase de manejo siguiente	Nombre de la empresa	Número de autorización	Fecha de recepción de manifiesto	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia	Comentarios

Figura 5. Ejemplo del Formato de la Bitácora
Fuente: Elaboración propia

3.6 Software a utilizar

Se utilizó la herramienta de Excel para recabar y organizar la información de las bitácoras creadas para el análisis de la generación de residuos, su disposición final y análisis de pesos. La recolección de datos se realizó por la fecha de salida en que la plataforma trataba a cada tipo de residuo, por lo que Excel fue la herramienta perfecta para crear y administrar bitácoras sencillas

debido a su estructura organizada, opciones de personalización, capacidad de cálculo automático, búsqueda y filtrado de datos.

3.7 Técnicas de tabulación de la información

El siguiente paso fue organizar la información en Excel incorporándola en tablas diseñadas para su concentración y para poder gestionarla de una manera rápida y ordenada. Excel permitió realizar cálculos automáticos utilizando fórmulas, desde fórmulas simples o más complejas para realizar sumas, promedios, contar elementos, calcular porcentajes, etc. Eso ayudó a agilizar el procesamiento de datos y obtener resultados precisos sin la necesidad de realizar cálculos manualmente.

Por otro lado, la búsqueda y el filtrado de datos en Excel fue de gran utilidad para encontrar información específica y aplicar filtros para mostrar solo los datos que cumplen ciertos criterios permitiendo analizar y acceder rápidamente a los datos relevantes. Excel es una herramienta poderosa para la gestión de los datos, además de ser amigable en cuanto a presentación de resultados de manera gráfica.

GENERADOR					D. FINAL	ANÁLISIS DE PESOS	
Mes	Descripción del residuo	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o Ton)	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia

Figura 6. Ejemplo de Tabla en Excel para el análisis de la información
Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4 – Presentación y análisis de resultados

4.1 Situación actual del manejo de los residuos en plataformas marinas

En las plataformas de perforación marinas en el Golfo de México las empresas petroleras son conscientes de la importancia que debe tener el manejo correcto de los residuos y el cuidado del medio ambiente, sin embargo, existen fallas o inconsistencias internas en el manejo de estos. El problema del incorrecto manejo de los residuos se origina en la falta de conciencia del personal que labora en las plataformas.

La situación actual en el manejo de los residuos en la plataforma de perforación marina del Golfo de México se evaluó recopilando datos e información con la ayuda del personal abordo y en las bases en tierra durante un periodo de 4 meses.

4.2 Generación de residuos

Durante el proceso de muestreo que se realizó, se obtuvieron los datos de la cantidad de RME y RP que se generaron en todas las áreas de la plataforma de perforación marina de estudio.

En este apartado se presentarán algunas tablas en las que se describirá el desglose de la información recopilada por una plataforma de perforación marina en cuanto a los RME que fueron producidos por esta.

Se contó con una tabla para cada uno de los siguientes aspectos:

- Información de la generación de los residuos
- Disposición final y
- Análisis de pesos por periodo y por el tipo de residuo.

La información se organizó y sintetizó en periodos de dos meses cada uno, los cuales son:

- Periodo 1: Enero y febrero
- Periodo 2: Mayo y junio

Por último, se presenta una tabla final que comprende al concentrado de información obtenida por ambos periodos, para de esta forma, tener una idea más clara del cúmulo de residuos que la plataforma de perforación marina genera y tomar esto como base para posteriormente realizar el análisis del impacto del plan de mejora para la gestión de los residuos.

Los RME generados (Tabla 1) sumaron en total una cantidad de 20.742 Toneladas, siendo clasificadas en 5 categorías: Papel y cartón, plástico y caucho, madera, latas (aluminio) y vidrio.

Tabla 1. Datos recopilados de RME en la plataforma marina de estudio.
Fuente: Elaboración propia

TIPO DE RESIDUO	TOTAL GENERADO (TON)
PAPEL Y CARTÓN	7.07
PLÁSTICO Y CAUCHO	6.662
MADERA	5.23
LATAS	1.43
VIDRIO	0.35

En cuanto a los RP (Tabla 2) hubo una disposición final de 952,493 toneladas de residuo, entre ellos; aceite usado, aguas oleosas, lodos aceitosos, objetos punzocortantes, acumuladores y baterías, residuos no anatómicos, lámparas fluorescentes, sacos vacíos impregnados con productos químicos, sólidos contaminados con pintura y solventes y sólidos contaminados con hidrocarburos.

Tabla 2. Datos recopilados de RP.

Fuente: Elaboración propia

TIPO DE RESIDUO	TOTAL GENERADO (TON)
ACEITE USADO	11.87
AGUAS OLEOSAS	689.15
LODOS ACEITOSO	217.51
OBJETOS PUNZOCORTANTES	0.002
ACUMULADORES Y BATERÍAS	0.031
RESIDUOS NO ANATÓMICOS	0.002
LÁMPARAS FLUORESCENTES	0.258
SACOS VACÍOS IMPREGNADOS CON PRODUCTOS QUÍMICOS	0.95
SÓLIDOS CONTAMINADOS CON PINTURA Y SOLVENTES	0.78
SÓLIDOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS	27.94
TAMBORES CON REMANENTE DE HIDROCARBURO	4

4.2.1 Análisis de la generación de Residuos de Manejo Especial (RME)

A continuación, se presentan los datos recabados en forma de tabla, detalladas por los periodos de enero-febrero, mayo-junio y una tabla final en donde se encuentran comprendidos los 4 meses con la finalidad de observar con claridad el total de los residuos generados y tener un mayor entendimiento de la situación actual.

Se puede ver que en la Tabla 3 se generó un total de 41.7 toneladas para lodos de mantenimiento, siendo el residuo más alto en los periodos enero y febrero. En cuanto a su disposición final se observa un total de 37.07 toneladas. Por otro lado, el tipo de residuo que menos generó fue el residuo urbano (domésticos-latas) con casi media tonelada.

Tabla 3. Generación de RME en los meses de enero y febrero

Fuente: Elaboración propia.

GENERADOR					D. FINAL	ANÁLISIS DE PESOS	
Mes	Descripción del residuo	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o Ton)	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia
Enero y Febrero	Lodos de mantenimiento	54.3	12.6	41.7	37.07	4.63	39.60
	Papel y cartón	15.66	11.8	3.86	3.56	0.3	30.67
	Plásticos y cauchos	16	13.4	2.6	2.3	0.3	47.19
	Recortes de perforación	34	12.6	21.4	33.14	-11.74	-35.43
	Residuos sólidos urbanos (Residuos domésticos-Latas)	6.38	5.9	0.48	0.4	0.08	20.00
	Residuos sólidos urbanos (Residuos domésticos-Madera)	19.43	17.1	2.33	2.15	0.18	28.56

En la Tabla 4, se observa que de igual manera el residuo que tuvo una mayor cantidad de toneladas fue el de lodos de mantenimiento con un total de 101.21, después le sigue los recortes de perforación con 1,631 toneladas generadas. Además, se observa que los residuos sólidos son los que tienen menor cantidad de residuos generados para los meses mayo y junio.

Tabla 4. Generación de RME en los periodos mayo y junio
Fuente: Elaboración propia

GENERADOR					D. FINAL	ANÁLISIS DE PESOS	
Mes	Descripción del residuo	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o Ton)	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia
Mayo y Junio	Lodos de mantenimiento	137.21	36	101.21	79.27	21.94	166.76
	Papel y cartón	33.12	30.8	2.32	1.8	0.52	267.03
	Plásticos y cauchos	28.92	26.4	2.52	2.01	0.51	172.37
	Recortes de perforación	2232.9	601.3	1631.6	1683.83	-52.23	-54.92
	Residuos sólidos urbanos (Residuos domésticos-Latas)	18.222	17.6	0.622	0.46	0.162	273.33
	Residuos sólidos urbanos (Residuos domésticos-Madera)	23.98	22	1.98	1.64	0.34	128.24

En la Tabla 5 se muestra la generación, disposición y el análisis de pesos que comprenden los 4 meses de recolección de datos (enero, febrero, mayo y junio) el cual se observa que los recortes de perforación generaron un total de 1,653 toneladas, mientras que el residuo que menos generó fue el tipo de residuos sólidos urbanos (residuos domésticos-latas) con solo 1.102 toneladas.

Tabla 5. Generación total de RME en los 4 periodos

Fuente: Elaboración propia

GENERADOR					D. FINAL	ANÁLISIS DE PESOS	
Mes	Descripción del residuo	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o Ton)	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia
Enero, febrero, mayo y junio	Lodos de mantenimiento	191.51	48.6	142.91	116.34	26.57	206.35
	Papel y cartón	48.78	42.6	6.18	5.36	0.82	297.70
	Plásticos y cauchos	44.92	13.2	2.1	4.31	0.81	219.56
	Recortes de perforación	2266.9	613.9	1653	1716.97	-63.97	-90.35
	Residuos sólidos urbanos (Residuos domésticos-Latas)	24.602	23.5	1.102	0.86	0.242	293.33
	Residuos sólidos urbanos (Residuos domésticos-Madera)	43.41	39.1	4.31	3.79	0.52	156.79

4.2.2 Análisis de la generación de Residuos Peligrosos (RP)

De la misma manera que en el apartado anterior, se muestra la información recabada en forma de tablas acerca de la generación, disposición final y análisis de pesos de los RP. Esta información se detalla por los periodos comprendidos de enero, febrero, mayo y junio.

En la Tabla 6 se puede ver que los residuos contaminados con hidrocarburos generaron un total de 8.8 toneladas en el mes de enero, mientras que en su disposición final obtuvieron 8.3 toneladas, en cuanto al aceite lubricado se generó un total de 0.6 toneladas de residuo y 0.5 en su disposición final.

Tabla 6. Generación de RP en el mes de enero
Fuente: Elaboración propia

GENERADOR					D. FINAL	ANÁLISIS DE PESOS	
Mes	Descripción del residuo	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o Ton)	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia
Enero	Sólidos contaminados con hidrocarburos (Filtros, mangueras, envases, botes, cubetas, contenedores, trapos, guantes, cartón, aserrín, material absorbente)	24.95	16.15	8.8	8.38	0.42	46.38
	Aceite lubricante gastado	5	4.4	0.6	0.5	0.1	20.00
	Sólidos contaminados con pintura o solvente (Envases, botes, cubetas, contenedores, trapos, guantes, cartón)	2	1.5	0.5	0.43	0.07	16.28

Se puede ver que en la Tabla 7 el lodo aceitoso fue el residuo peligroso que vas se generó en el mes de febrero con un total de 135 toneladas, su disposición salió en 132.59 toneladas y su análisis de pesos con un 12.97 de diferencia. Por otra parte, el residuo que menos se generó fueron los sacos vacíos impregnados de productos químicos con 0.55 toneladas.

Tabla 7. Generación de RP en el mes de febrero
Fuente: Elaboración propia

GENERADOR					D. FINAL	ANÁLISIS DE PESOS	
Mes	Descripción del residuo	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o Ton)	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia
Febrero	Sólidos contaminados con hidrocarburos (Filtros, mangueras, envases, botes, cubetas, contenedores, trapos, guantes, cartón, aserrín, material absorbente)	9.45	8.1	1.35	1.17	0.18	32.74
	Sacos vacíos impregnados de productos químicos	3.75	3.2	0.55	0.47	0.08	76.42
	Lodos aceitosos	135	0	135	132.59	2.41	12.97

En la Tabla 8 se observa que en el mes de mayo se obtuvo un total de casi 7 toneladas de sólidos contaminados (filtros, mangueras, envases, botes, cubetas, cartón, etc., con una disposición final de 6.34 toneladas. También se observa que los sacos vacíos impregnados de productos químicos fueron el residuo que menos se generó en el mes de junio con solo 0.2 toneladas.

Tabla 8. Generación de RP en el mes de mayo
Fuente: Elaboración propia

GENERADOR					D. FINAL	ANÁLISIS DE PESOS	
Mes	Descripción del residuo	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o Ton)	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia
Mayo	Sólidos contaminados con hidrocarburos (Filtros, mangueras, envases, botes, cubetas, contenedores, trapos, guantes, cartón, aserrín, material absorbente)	21.806	14.9	6.906	6.34	0.566	59.38
	Sacos vacíos impregnados de productos químicos	4.6	4.4	0.2	0.16	0.04	25.00
	Lodos aceitosos	84	0	84	84.92	0.92	0.97
	Aguas oleosas	192	0	192	206.93	14.93	- 63.2330722
	Aceite lubricante gastado	7.35	2.6	4.75	4.32	0.43	21.2747923

Se puede observar que en la Tabla 9, en el mes de junio se obtuvo un total de 5.23 toneladas de sólidos contaminados (filtros, mangueras, envases, botes, cubetas, cartón, etc., con una disposición final de 5.93 toneladas. Por otro lado, los sacos vacíos impregnados de productos químicos fue el residuo de menor cantidad que se generó.

Tabla 9. Generación de RP en el mes de junio
Fuente: Elaboración propia

GENERADOR					D. FINAL	ANÁLISIS DE PESOS	
Mes	Descripción del residuo	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o Ton)	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia
Junio	Sólidos contaminados con hidrocarburos (Filtros, mangueras, envases, botes, cubetas, contenedores, trapos, guantes, cartón, aserrín, material absorbente)	19.25	12.9	5.23	5.93	0.566	59.38
	Sacos vacíos impregnados de productos químicos	3.6	4.2	0.2	0.16	0.04	25.00
	Lodos aceitosos	24	0	84	8.92	0.92	0.97
	Aguas oleosas	68	0	192	20.93	14.65	0.63235
	Aceite lubricante gastado	7.35	1.5	4.75	4.32	0.43	18.2923

Finalmente, en la Tabla 10 se observa el total de residuo que se generó en los meses de enero, febrero, mayo y junio. El más alto fue el lodo aceitoso con una cantidad de 219 toneladas, después le sigue las aguas oleosas, sólidos contaminados con hidrocarburos, aceite lubricante gastado, sacos vacíos impregnados de productos químicos y por último los sólidos contaminados con pintura o solvente, respectivamente.

Tabla 10. Generación total de RP en los meses enero, febrero, mayo y junio
 Fuente: Elaboración propia

GENERADOR					D. FINAL	ANÁLISIS DE PESOS	
Mes	Descripción del residuo	Peso total (m3 o Ton)	Tare de recipiente (Ton)	Residuo total generado (m3 o Ton)	Peso Neto en Ticket (Ton)	Diferencia Peso (Ton) M. Marino vs Ticket	% de Diferencia
Enero, febrero, mayo y junio	Sólidos contaminados con hidrocarburos (Filtros, mangueras, envases, botes, cubetas, contenedores, trapos, guantes, cartón, acerrín, material absorbente)	56.206	52.05	22.29	21.82	1.732	197.89
	Sacos vacíos impregnados de productos químicos	11.95	11.8	0.95	0.79	0.16	126.42
	Lodos aceitosos	243	0	219.00	226.43	1.84	1.94
	Aguas oleosas	192	0	384.00	227.86	29.58	63.23
	Aceite lubricante gastado	12.35	7	5.35	4.82	0.53	41.91
	Sólidos contaminados con pintura o solvente (Envases, botes, cubetas, contenedores, trapos, guantes, cartón)	70	1.5	0.5	0.43	0.07	16.28

4.3 Análisis de las fuentes de generación y resguardo de residuos

En este apartado se evaluó la eficacia de los métodos de resguardo de residuos en la plataforma de estudio y su cumplimiento con las regulaciones ambientales. Esto implicó analizar y verificar si se realizaban las prácticas de manejo adecuadas, si se obtuvieron los permisos requeridos, un monitoreo adecuado y el reporte correspondiente a las autoridades competentes.

También se consideró si los sistemas y tecnologías empleados eran adecuados para el tratamiento, almacenamiento y disposición segura de los diferentes tipos de residuos generados, considerando a cabo prácticas de segregación, reciclaje y reducción de residuos.

1. Super Sacos

Se utilizan para resguardar residuos sólidos como: Plástico y caucho, Residuos Sólidos Urbanos, Papel y cartón, Químicos caducos, Sacos vacíos impregnados con químicos y envases de pintura o solventes (ver figura 7), ya que sus dimensiones (90 cm x 90 cm x 120 cm) hace que sea fácil la segregación de los residuos mencionados anteriormente, de igual manera se utilizan para este tipo de residuos dado que es fácil de manipular y permite la acumulación de la misma corriente residual en un solo “deposito”.



Figura 7. Ejemplo de Super saco

**Fuente: Super saco de (Comercializadora de Polímeros Reciclados, 2023)
(<https://comercializadoredopolimerosreciclados.com/super-sacos/>)**

2. Tambores

Se utilizan principalmente para contener residuos como: pinturas o solventes, químicos caducos y medicamentos caducos dado que su estructura para almacenar 200 litros permite contener tanto residuos sólidos o líquidos, haciendo que su fácil manipulación permite una correcta segregación de los residuos como acondicionarlos en los lugares permisibles (ver figura 8).



Figura 8. Ejemplo de tambor

Fuente: Tambor de (Freepik, 2023)

(https://www.freepik.es/fotos-premium/tambores-liquidos-quimicos_4842103.html)

3. Contenedor rojo

Usado para segregar objetos punzocortantes como agujas usadas o contaminadas (ver figura 9), con este es fácil señalar el tipo de residuo que pueden ser almacenados en ese contenedor, ya que por su forma permite que la persona encargada de retirar el residuo manipule el contenedor adecuadamente para poder mandar a disponer el residuo de manera segura.



Figura 4. Ejemplo de contenedor rojo
Fuente: Contenedor rojo de (Handling, 2023)
(<https://www.transoplast.com/products/waste-containers/four-wheeled-1100-litre-waste-container>)

4. Bolsa roja

Empleado para segregar residuos no anatómicos (ver figura 10), al utilizar estas bolsas nos permite segregar residuos como: Gasas, vendas y en general material de curación, donde permite mantener en un solo embalaje la segregación de los residuos mencionados y realizar la segregación una vez el embalaje esté en capacidad máxima (80%). La bolsa roja permite una fácil manipulación e identificación del residuo que está almacenando.



Figura 10. Ejemplo de bolsa roja
Fuente: Bolsa roja de (ALVEO, 2023)
<https://www.alveo.mx/>

5. Tote

Por sus características nos permite almacenar/contener de manera correcta la segregación de residuos líquidos como aceite lubricante gastado; Su capacidad de almacenar hasta 1,000 litros de residuo líquido y sus dimensiones $120 \times 100 \times 116,4$ cm son ideales para lugares donde no se cuenta con mucho espacio disponible (ver figura 11). Cabe mencionar que su forma cubica hace fácil el acomodo en las unidades pesadas para enviarlas a la planta de disposición final.



Figura 5. Ejemplo del contenedor Tote
Fuente: Tote de (Grainger, 2023)
(<https://www.grainger.com.mx/>)

6. Cubeta para baterías

Las cubetas para baterías nos permiten una manipulación, segregación y almacenamiento adecuado para residuos sólidos de tipo acumuladores y/o baterías, al ser cubetas permite ser identificado fácilmente que tipo de residuo contiene (ver figura 12).

Es importante aclarar que las cubetas tienen que ir con su señalamiento correcto para poder ser enviadas adecuadamente con la corriente residual correspondiente a las plantas de disposición.



Figura 6. Ejemplo de cubeta para batería
Fuente: Cubeta para batería de (Compobat, n.d.)
(<https://compobat.es/p/cubeta-retencion-baterias-1000x1000-sin-poste-y-con-patas/>)

7. Caja de madera

Las cajas de madera se usan para poder segregar adecuadamente residuos de tipo metálicos, tanto ferrosos como no ferrosos, por sus características físicas, permite el almacenamiento correcto y al no ocupar mucho espacio, son fácilmente de colocar en distintas áreas de trabajo para que sea más fácil segregar y colocar el residuo de manera correcta (ver figura 13).



Figura 7. Ejemplo de caja de madera industrial
Fuente: Caja de madera de (Container, 2022)
(<https://neocon.co/portfolio/contenedores-martimo-mini-set/>)

8. Mini contenedor

Empleado para el transporte específico de Sólidos contaminados con hidrocarburos como tambores metálicos, garrafas de plástico vacías y demás residuos como filtros, mangueras, envases, etc., impregnados con aceites dispuestos en super sacos (ver figura 14).



Figura 8. Ejemplo de Mini contenedor
Fuente: Mini contenedor de (Contenedores ISM, 2023)
(<https://www.ismcontenedores.com>)

9. Contenedor

Utilizados para el movimiento de envases/embalajes como super sacos, tambores, totes, etc. (ver figura 15). Estos siempre vienen sujetos correctamente con bandas e identificados según el tipo de residuo que se esté transportando.



Figura 9. Ejemplo de Contenedor
Fuente : Contenedor de (ADS, 2023)
(<https://adsindustrial.com.mx/>)

10. Boat Rubbish Skip / Waste skip

El Boat Rubbish Skip o Waste Skip es un contenedor utilizado para el transporte y manejo de residuos a granel, como madera, metales ferrosos y no ferrosos, y super sacos llenos (ver figura 16). Está diseñado específicamente para facilitar la correcta disposición de estos residuos fuera del muelle.



Figura 10. Ejemplo de contenedor Waste skip
Fuente: Waste skip de (Arun, 2023)
(<https://arunrecycling.co.uk/home/industrial-waste-skips/>)

11. Contenedor para residuos electrónicos:

Este tipo de contenedor es empleado exclusivamente para contener residuos tecnológicos (ver figura 17).



Figura 11. Ejemplo de contenedor para aparatos electrónicos
Fuente: Contenedor para aparatos electrónicos de (Contenedores ISM, 2023)
(<https://www.ismcontenedores.com>)

12. Cutting Boxes

Como su nombre lo indica, las cajas de recorte se utilizan para el transporte de recortes de perforación, así como el movimiento de lodos de mantenimiento (ver figura 18). Sus dimensiones varían según el proveedor, siendo un promedio de almacenaje de 5 toneladas de residuo.



Figura 12. Ejemplo de Cutting box
Fuente: Cutting box de (Offshore Tiger, 2016)
(<https://arunrecycling.co.uk/home/industrial-waste-skips/>)

13. Waste Bin

El waste bin es un contenedor cerrado en el que su uso principal es el movimiento de RP sólidos, como sólidos contaminados con hidrocarburos: filtros, mangueras, envases, etc. (ver figura 19). Permite el fácil manejo para transporte de estos segregándolos eficientemente e identificándolos correctamente. Por su tamaño en promedio de 2.05x1.57x1.6 se pueden ubicar en diferentes zonas de operación de la plataforma sin intervenir en las actividades diarias.



Figura 139. Ejemplo de waste bin
Fuente: Waste bin de (Handling, 2023)
(<https://www.transoplast.com/products/waste-containers/four-wheeled-1100-litre-waste-container>)

14. Cutting Transport Tank (CTT)

Utilizado exclusivamente para el movimiento de recortes de perforación, por su capacidad de máximo 20 toneladas nos da la ventaja de disminuir la cantidad de cajas de recorte empleadas, y por lo tanto brindar un mayor espacio en cubierta (ver figura 20).



Figura 14. Ejemplo de Cutting transport tank
Fuente: Cutting transport tank de (Offshore Tiger, 2016)
(<https://arunrecycling.co.uk/home/industrial-waste-skips/>)

4.3.1 Impacto ambiental en las plataformas petroleras

Los residuos generados en las plataformas petroleras deben ser recolectados en áreas siempre limpias y almacenados temporalmente en contenedores con características específicas. Es importante que estos depósitos no superen el 80% de su capacidad y estén debidamente identificados y etiquetados.

Si un residuo es considerado peligroso, se gestionará conforme a las regulaciones establecidas. Sin embargo, si dicho residuo posee un certificado emitido por la autoridad que certifica su no peligrosidad, entonces se le designará como un residuo que requiere un manejo especial.

Por otra parte, los generadores de RP, como es el caso de las plataformas petroleras, deben contar con un registro como generador de RP otorgado por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) en México. Este registro establece la categoría de generación del residuo, que puede ser gran generador, pequeño generador o micro generador, dependiendo de la cantidad de RP generados.

4.4 Propuesta para el plan de manejo de residuos

El objetivo del plan de manejo de residuos propuesto es mejorar la gestión integral mediante la implementación de procesos de planificación. Este plan se basa en pautas metodológicas claras y fáciles de entender.

Para llevar a cabo una gestión de residuos adecuada, es necesario contar con información detallada sobre diferentes aspectos, como la cantidad y frecuencia de generación de residuos, datos de caracterización que describan las características físicas y químicas de los residuos, la clasificación de estos según su tipo, el punto de generación y las causas de su generación, así como las prácticas actuales de almacenamiento, manejo y aprovechamiento.

Además, es importante tener en cuenta los costos asociados al manejo de los residuos, ya que su adecuada gestión implica inversiones en infraestructura, equipos y personal capacitado. Con base en esta información, se pueden diseñar estrategias y planes de acción específicos para optimizar la gestión de residuos, minimizando los impactos negativos en el medio ambiente y aprovechando los recursos de manera eficiente.

El propósito fue promover una gestión y manejo adecuado de los residuos asegurando la eficacia, eficiencia y sostenibilidad en la correcta clasificación y manejo integral de estos.

A continuación, se describe a las etapas que constituyen al plan de mejora propuesto en este trabajo de investigación:

I. Recolección segregación y almacenaje de los residuos

Los residuos recolectados de las distintas áreas de la plataforma de perforación marina deben ser colocados en los sitios de procesamiento o almacenaje designados. Los residuos que deben ser retornados al puerto para disposición pueden requerir de mayor tiempo de almacenaje de acuerdo con la disponibilidad en la plataforma.

II. Recomendaciones para residuos reciclables

Los residuos reciclables deben mantenerse separados de los residuos domésticos para evitar la contaminación que pueda llevarlos a disposición, por ejemplo:

- Enviarlos a rellenos sanitarios en lugar del reciclaje.
- El papel y el cartón para reciclaje deberán mantenerse secos.
- El vidrio para reciclaje deberá estar limpio y sin etiquetas.
- Solo se pueden reciclar determinados plásticos.
- Las lámparas fluorescentes se triturarán para reducir el volumen de los residuos.

III. Recomendaciones para todos los desechos

Todos los residuos se almacenarán, segregarán y empacarán para los puntos siguientes:

- Prevenir la pérdida de residuos.
- Evitar la corrosión o el desgaste de los contenedores de residuos.
- Evitar derrames o fugas accidentales.
- Prevenir el robo de los residuos.
- Los super sacos se deberán de utilizar solo para residuos secos, evitando líquidos
- No se deberá mezclar RP y RME para evitar problemas en la disposición final (contaminación).

IV. Etiquetado

El etiquetado y empaquetado de los residuos es tan importante como la descripción de estos en el manifiesto.

El etiquetado deberá de identificar claramente lo siguiente para todos los residuos:

- Fecha de generación
- Contenido
- Cantidad
- Peligrosidad
- Área de generación

V. Manifiesto

La descripción del residuo colocada en el manifiesto deberá de ser lo suficientemente clara y precisa para identificar correctamente los requisitos de manipulación o almacenamiento de cada uno de ellos.

También es importante asegurarse de que los números de identificación del contenedor, se incluya en el manifiesto junto con la descripción del residuo dentro de él.

VI. Transporte de los desechos

Una vez analizado los diferentes contenedores para el resguardo de los residuos, estos se almacenarán de manera que se eviten riesgos para la salud y la seguridad para la recolección y separación de la basura se cuenta con los siguientes recipientes:

- Contenedores estándares cerrados.
- Waste skip (madera, basura general, metal).
- Tambores para desechos contaminados con aceite (trapos y filtros).
- Contenedor abierto de media altura
- Tambores para remanentes de aceite
- Tambores de aceite usado.
- Cajas de recorte de perforación.
- Contenedores de plástico identificados con diferente color, según el tipo de residuo a contener.
- Tambores para lámparas fluorescentes.

VII. Asignación y ubicación de contenedores específicos para cada tipo de residuo

Las siguientes áreas están identificadas como áreas de recolección de basura:

1. Cubierta: se dispone de contenedores de residuos para madera, residuos generales y chatarra (Véase las Figuras 21 y 22).



Figura 15. Contenedores colocados en plataforma para su posterior disposición
Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Contenedor especial para chatarra de metal.
Fuente: Elaboración propia

2. Oficinas: estarán equipadas con contenedores para colocar la basura identificados de diferente color de acuerdo con el residuo a disponer (Figura 23). La segregación inicial la realiza el personal que trabaja en el área, mientras que la segregación final deberá ser realizada por el personal a cargo del área de residuos.

La asignación del color dependiendo del tipo de desecho será de la siguiente manera:

- Azul. Residuos domésticos no aprovechables (envolturas, restos de comida, envases descartables, etc.).
- Verde. Plásticos reciclables.
- Naranja. Papel y cartón.
- Amarillo. Latas.



Figura 17. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en oficinas

Fuente: Elaboración propia

3. Comedores: en el área de comedores se tendrán 4 contenedores (Figura 24) y tendrán la siguiente clasificación, en orden de izquierda a derecha:

1. Plástico reciclable.
2. Residuos domésticos.
3. Residuos orgánicos.
4. Latas.



Figura 24. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en comedores
Fuente: Elaboración propia

4. Área común: en el área de pasillos (Figura 25) se colocarán 3 contenedores asignados para los siguientes residuos, ordenados de izquierda a derecha:

- 1.- Plástico
- 2.- Latas
- 3.- Papel y cartón.



Figura 18. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en áreas comunes
Fuente: Elaboración propia

5.- Vestidores: en la Figura 26 se muestra un ejemplo de la ubicación del contenedor para la disposición de residuos sólidos reciclables.



Figura 19. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en vestidores

Fuente: Elaboración propia

6. Gimnasio: en la Figura 27 se muestra un ejemplo de la localización del contenedor en el área de gimnasio para sólidos reciclables.



Figura 27. Ejemplo de ubicación e identificación de los contenedores para la disposición de los residuos en el área de gimnasio

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Clasificación y manejo integral de residuos de manejo especial generados en plataformas marinas

De acuerdo con la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de protección al medio ambientes el encargado de regular, supervisar y sancionar en materia de control integral los residuos generados en las actividades del sector, incluyendo los residuos sólidos urbanos y los RME (Ávila, 2015).

Tabla 11. Clasificación de los RME, según la LGPGIR
Fuente: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL PREVISTA EN LA LGPGIR
I. Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera.
II. Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico infecciosos.
III. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades.
IV. Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas.
V. Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.
VI. Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes.
VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.
VIII. Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico.
IX. Pilas que contengan litio, níquel, mercurio, cadmio, manganeso, plomo, zinc, o cualquier otro elemento que permita la generación de energía en las mismas, en los niveles que no sean considerados como residuos peligrosos en la norma oficial mexicana correspondiente.
X. Los neumáticos usados y otros que determine la Secretaría de común acuerdo con las entidades federativas y municipios, que así lo convengan para facilitar su gestión integral.

4.4.2 Clasificación y manejo integral de residuos peligrosos generados en plataformas marinas

A continuación, se realiza la identificación y clasificación de los RP de acuerdo con el cumplimiento de la legislación vigente en México; norma NOM-052-SEMARNAT-2005 y de acuerdo con el Plan de Manejo de los RP registrado ante la SEMARNAT, esto con el objetivo de facilitar su tratamiento y disposición final (Cortinas, 2020).

Tabla 12. RP generados plataformas marinas
Fuente: NRF-040-PEMEX-2013

EJEMPLOS DE RESIDUOS PELIGROSOS DE PLATAFORMAS MARINAS SUJETOS A PLANES DE MANEJO	
Actividad	Tipos de residuos
Operaciones de limpieza ácida o alcalina	Residuos de compuestos ácidos o alcalinos
	Estopas, trapos, guantes, uniformes, cartones, contaminados con residuos de compuestos ácidos o alcalinos
	Envases (bidón, lata); material de embalaje, contaminado con residuos de compuestos ácidos o alcalinos
Limpieza y mantenimiento a equipos electromecánicos, de perforación, de producción y estructuras	Residuos de pinturas, solventes, adelgazantes, esmaltes anticorrosivos, barnices, primer, primario y acabados
	Arena sílica contaminada con residuos de pinturas, solventes, adelgazantes, esmaltes anticorrosivos, barnices, primer, primario y acabados
	Estopas, trapos, guantes, uniformes, cartones, aserrín, contaminados con residuos de pinturas, solventes, adelgazantes, esmaltes anticorrosivos, barnices, primer, primario y acabados
	Envases (bidón, lata); material de embalaje, contaminado con residuos de pinturas, solventes, adelgazantes, esmaltes anticorrosivos, barnices, primer, primario y acabados
	Aceite lubricante usado, grasa gastada, diesel, fluidos hidráulicos
	Estopas, trapos, guantes, uniformes, cartones, contaminados con aceite lubricante usado, grasa gastada, diesel, fluidos hidráulicos
	Envases (bidón, lata); material de embalaje, contaminado con aceite lubricante usado, grasa gastada, diesel, fluidos hidráulicos
	Chatarra contaminada con aceite lubricantes gastados, pinturas, solventes, adelgazantes, esmaltes anticorrosivos, barnices, petróleo crudo
Almacenamientos de crudo	Estopas, trapos guantes, uniformes, cartones contaminados con lodos aceitosos
Exploración y transporte de petróleo crudo	Estopas, trapos, guantes, uniformes, cartones, contaminados con petróleo crudo
	Envases (bidón, lata); material de embalaje, contaminado con petróleo crudo
Servicios médicos	Residuos no anatómicos de unidades de pacientes
	Objetos punzocortantes usados
	Residuos infecciosos misceláneos: materiales de curación.
Comunicaciones	Baterías alcalinas gastadas
	Baterías níquel-cadmio
	Baterías Plomo-ácido
Mantenimiento a sistemas de iluminación	Lámparas y focos de vapor de mercurio gastadas

Capítulo 5 – Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se expone de forma general lo realizado en el presente trabajo de investigación. A continuación, como parte de este trabajo de investigación se abordará cada uno de los objetivos establecidos, así como el resultado que se obtuvo de cada uno los cuales definieron el nuevo plan de mejora en la gestión de residuos.

5.1 Conclusión del objetivo general de la investigación

El tiempo designado para la segregación de cada tipo de residuo se volvía muy tedioso el tener que volver a clasificar, por consiguiente, se perdía mucho tiempo en el proceso de esta etapa generando un retraso en el tiempo en las posteriores que son la etapa de transporte y disposición final del residuo.

De esta forma fue indispensable para la plataforma de perforación marina contar con un nuevo plan de gestión de residuos que le permitiera agilizar dicho proceso y optimizar su logística de tal manera que se redujeran los tiempos, los errores humanos y se garantizará una no afectación a la operación de la plataforma.

Se concluye que el nuevo plan de gestión de residuos cumple satisfactoriamente con los objetivos trazados en este trabajo de investigación por lo que puede ser implementado de una manera segura considerando aspectos importantes como la sensibilización y concienciación de todo el personal involucrado de la plataforma de estudio.

5.2 Conclusión de los objetivos específicos

En cuanto a la recolección de los residuos, estos deben ser llevados a los contenedores asignados para el tipo de residuo designado, por otro lado, los residuos que deben ser retornados al puerto

para disposición pueden requerir de mayor tiempo de almacenaje de acuerdo con la disponibilidad en la plataforma.

Un punto importante que se debe llevar a cabo en los residuos reciclables es que es muy importante que se mantengan separados de los residuos domésticos, esto para evitar la contaminación que pueda llevarlos a disposición.

En el manifiesto fue esencial identificar correctamente los requisitos de manipulación o almacenamiento de cada uno de los residuos, así como asegurarse de que los números de identificación del contenedor se incluyan en el manifiesto junto con la descripción del residuo dentro de él.

También se realizó una evaluación de los métodos de resguardo de residuos con las regulaciones ambientales pertinentes, para esto se analizó y verificó que se tuvieran los permisos requeridos, así como las prácticas de manejo adecuadas y el reporte correspondiente a las autoridades competentes.

5.3 Conclusión de la Hipótesis

Derivado de los resultados obtenidos del análisis de los datos se argumenta que se cumple el supuesto de investigación planteado en este trabajo, debido a que se logró el proponer un plan de mejora para la disminución de tiempo y recursos en la segregación de los residuos, además de identificar de buena forma los residuos que mayormente se generaran en el tiempo de recolección de datos, y así identificar y gestionar al tipo de residuo que mejor se adapta con el contenedor asignado para su disposición final.

5.4 Conclusiones generales

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación se observó que durante el trabajo de campo en la plataforma de estudio, se identificaron varios

problemas relacionados con el manejo de residuos. Los problemas incluían una inapropiada manipulación de los residuos y una falta de capacitación del personal. Así que, se evidenció que el personal encargado del manejo de los residuos no estaba debidamente capacitado en las mejores prácticas de segregación, empaquetado, etiquetado y almacenamiento de los desechos, por consiguiente, la falta de capacitación ponía en riesgo la salud del personal que labora en la plataforma de estudio.

Así mismo, se identificó que no se seguían prácticas adecuadas del manejo de residuos, desde la recolección hasta la disposición final, por lo que resultaba en una falta de control y gestión inadecuada de los desechos. También en cuanto a los residuos que más se generaron en el periodo de 4 meses de recolección de información fueron; sólidos urbanos, recortes de perforación y los residuos contaminados por hidrocarburos.

5.5 Recomendaciones

- El seguimiento y monitoreo del desempeño en las plataformas de perforación marinas permitirá mejorar aspectos e identificar posibles vulnerabilidades del sistema propuesto, lo que contribuirá a un manejo más eficiente de los residuos.
- En trabajos futuros, será importante adaptar y evolucionar la metodología propuesta según las necesidades específicas de cada tipo de plataforma y operación. Esto es esencial para garantizar un manejo eficiente, seguro y sostenible de los residuos en el sector que contribuirán a optimizar la gestión de residuos en las plataformas petroleras.
- Será fundamental optimizar los sistemas y métodos de segregación, embalaje y transporte de residuos. Esto implica establecer procesos eficientes que permitan una clasificación adecuada de los desechos, utilizar materiales de embalaje apropiados y asegurar su transporte seguro.

- Por otro lado, la generación de aplicaciones para facilitar el llenado de documentación puede ser beneficioso para mejorar la comodidad, eficiencia y precisión en el proceso de registro y presentación de informes. Estas aplicaciones pueden simplificar la documentación requerida, como registros de residuos, informes de seguimiento y cumplimiento de regulaciones. Al considerar la creación de estas aplicaciones, será importante identificar las necesidades específicas de la industria petrolera y garantizar que la interfaz sea intuitiva y fácil de usar para el personal.

5.6 Trabajos futuros

Al cierre de esta investigación se comenzó la implementación del plan propuesto con el inicio de las sesiones de capacitación para el personal que labora en la plataforma de perforación, buscando la concientización sobre la importancia del correcto manejo de los residuos y el impacto de los mismos en el medio ambiente y la salud.

Para trabajos futuros se podría diseñar un sistema computacional que controle la información a partir del etiquetado de los contenedores, con dicha información llenar automáticamente los datos en los manifiestos y bitácoras.

Bibliografía

- Académica, D., & Biológicas, C. (n.d.). *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*.
- ADS, I. (2023). *No Title*. <https://adsindustrial.com.mx/>
- Agartan, E., Gaddipati, M., Yip, Y., Savage, B., & Ozgen, C. (2018). CO2 storage in depleted oil and gas fields in the Gulf of Mexico. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 72(C), 38–48. <https://doi.org/10.1016/J.IJGGC.2018.02.022>
- ALVEO. (2023). *No Title*. <https://www.alveo.mx/>
- Arun, R. (2023). *Industrial Waste skip*. <https://arunrecycling.co.uk/home/industrial-waste-skips/>
- Ávila, I. A. H. (2015). La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Maravatío, Michoacán. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 6(2).
- Bravo, E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. *Acción Ecológica*, 24(1), 35–42.
- Comercializadora de Polímeros Reciclados, S. A. de C. V. (2023). *No Title*. <https://comercializadoradepolimerosreciclados.com/super-sacos/>
- Compobat. (n.d.). *No Title*. <https://compobat.es/p/cubeta-retencion-baterias-1000x1000-sin-poste-y-con-patas/>
- Container, N. (2022). *No Title*. <https://neocon.co/portfolio/contenedores-martimo-mini-set/>
- Contenedores ISM. (2023). *No Title*. <https://www.ismcontenedores.com>
- Cortinas, C. (2020). *Marco para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Sector Hidrocarburos en México*.
- De Veracruz, E., De, F., Químicas, C., Xalapa, Z., Humberto, I. A. J., Sierra, A., Diagnóstico, Y., & Gestión, A. (2014). *Criterios básicos para normar los recortes de perforación generados por la industria petrolera en el estado de Veracruz*. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/46723>
- Delgado Rodríguez, M., & Llorca Díaz, J. (2004). Estudios longitudinales: concepto y

- particularidades. *Revista Española de Salud Pública*, 78, 141–148.
- Freepik. (2023). *Contenedores freepik*. https://www.freepik.es/fotos-premium/tambores-liquidos-quimicos_4842103.htm
- Grainger. (2023). *Tanque de almacenaje de líquidos*. <https://www.grainger.com.mx/>
- Handling, S. M. (2023). *No Title*. <https://www.transoplast.com/products/waste-containers/four-wheeled-1100-litre-waste-container>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Industriales, B. R. (2022). *No Title*. <https://brr.mx/3-soluciones-industriales-clave-para-el-sector-petrolero/>
- Jiménez, B. (2001). *La Contaminación Ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada*.
- Khrone Marine S.A. de C.V. (2023). *KHRONE MARINE*. <https://es.krohne.com/es/industrias/industria-marina/plataformas-semisumergibles-industria-marina>
- LTD, D. O. S. (2023). *Derotech Offshore Services Limited*. <http://derotechoffshore.com/>
- Offshore Tiger. (2016). *No Title*. <https://arunrecycling.co.uk/home/industrial-waste-skips/>
- Ohra Sistemas de Almacenamiento. (2023). *No Title*. <https://www.ohra.es/productos/plataforma-de-almacenamiento/>
- Onepetro UNAM. (2017). *OnePetro ahora en la UNAM | Departamento de Ingeniería Petrolera*. <http://www.dict.unam.mx/petrolera/noticias/onepetro-ahora-en-la-unam/>
- Quispe Toribio, J. (2018). *Mejora del plan de manejo de residuos solidos y su influencia en la calidad de la planta pesquera mollendo, de la empresa pesquera diamante s.a. arequipa-2017. aulas peruanas*.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. B. (1997). *Metodología de la investigación*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos SA.
- Vann, A. (2010). Offshore oil and gas development: Legal framework. In *Federal Land Resources* (pp. 323–342).
- Yacovitch, T. I., Daube, C., & Herndon, S. C. (2020). Methane Emissions from Offshore Oil

and Gas Platforms in the Gulf of Mexico. *Environmental Science and Technology*, 54(6), 3530–3538. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07148>