



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEOS**

TEMA:

**“ANÁLISIS DE BENEFICIO AMBIENTAL NETO DE
DISPERSANTES PARA EL CONTROL EN UN DERRAME DE
HIDROCARBUROS GENERADO POR BUQUES EN EL
TERMINAL PETROLERO LA LIBERTAD”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

**CIELO NALLELI LOOR CUSME
GIANELLA LISSETTE SUAREZ PANCHANA**

TUTOR:

**GERARDO ANTONIO HERRERA BRUNETT
INGENIERO INDUSTRIAL**

LA LIBERTAD-ECUADOR

2021

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEOS**

TEMA:

**“ANÁLISIS DE BENEFICIO AMBIENTAL NETO DE
DISPERSANTES PARA EL CONTROL EN UN DERRAME DE
HIDROCARBUROS GENERADO POR BUQUES EN EL
TERMINAL PETROLERO LA LIBERTAD”
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

AUTORES:

**CIELO NALLELI LOOR CUSME
GIANELLA LISSETTE SUAREZ PANCHANA**

TUTOR:

**GERARDO ANTONIO HERRERA BRUNETT
INGENIERO INDUSTRIAL**

LA LIBERTAD-ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a **Dios** por guiarnos en todos los momentos de nuestras vidas.

A nuestros **padres** por su apoyo incondicional, paciencia y esfuerzo que ha permitido que hoy lleguemos a cumplir un objetivo más.

A nuestros **hermanos** por estar siempre presentes, por el apoyo.

A nuestros **maestros** por los conocimientos que nos han transmitido.

Cielo Loor y Gianella Suarez

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirnos alcanzar otra meta más en nuestras vidas.

A nuestro **tutor**, por la paciencia y por ser una guía fundamental para culminar nuestro trabajo de investigación.

A la **Universidad Estatal Península de Santa Elena** en especial los que conforman la Facultad de Ingeniería en Petróleo, por impartir la excelente formación académica

A la empresa **ROCHEM** de Ecuador y **BIOMA** de Colombia, por brindarnos la información necesaria de los dispersantes utilizados para llevar a cabo este proyecto.

A la **Superintendencia de terminal petrolero de La Libertad** por acogernos en sus instalaciones para culminar este trabajo investigativo.

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “Análisis de beneficio ambiental neto de dispersantes para el control en un derrame de hidrocarburos generado por buques en el terminal petrolero La Libertad” elaborado por las estudiantes Cielo Nallelli Loor Cusme y Gianella Lissette Suarez Panchana, egresados de la carrera de Ingeniería en Petróleos, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 4% de la valoración permitida.

Urkund Analysis Result

Analysed Document:	TESIS FINAL-CL-GS.docx (D111427611)
Submitted:	8/18/2021 4:13:00 PM
Submitted By:	gherrera@upse.edu.ec
Significance:	4 %

FIRMA DEL TUTOR



GERARDO ANTONIO HERRERA BRUNETT

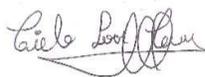
C.I.: 0909254260

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Cielo Nalleli Loor Cusme y Gianella Lisette Suarez Panchana, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**Análisis de beneficio ambiental neto de dispersantes para el control en un derrame de hidrocarburos generado por buques en el terminal petrolero La Libertad**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleo, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



**CIELO NALLELI
LOOR CUSME**
Autor de tesis
C.I. 0850092974



**GIANELLA LISSETTE
SUAREZ PANCHANA**
Autor de tesis
C.I. 2400269326

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Gerardo Antonio Herrera Brunett,
TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo previo a la obtención del Título de Ingeniero en Petróleo “**Análisis de beneficio ambiental neto de dispersantes para el control en un derrame de hidrocarburos generado por buques en el terminal petrolero La Libertad**”, elaborado por las estudiantes **Cielo Nalleli Loor Cusme** y **Gianella Lissette Suarez Panchana**, egresado de la Escuela de Petróleo, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



GERARDO ANTONIO HERRERA BRUNETT

C.I.: 0909254260

CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

La Libertad, 16 de agosto de 2021

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Yo **Alejandro Orrala Letty Gisela**, con cédula de ciudadanía **0912208253**, certifico que he revisado la redacción, estilo y ortografía del contenido del proyecto de investigación: **"Análisis de beneficio ambiental neto de dispersantes para el control en un derrame de hidrocarburos generado por buques en el terminal petrolero La Libertad"**, elaborado por **Cielo Nalleli Loor Cusme** y **Gianella Lissette Suarez Panchana**, presentado como requisito académico previo a la obtención del título de **Ingeniero en Petróleo** de la **Universidad Estatal Península de Santa Elena** de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la carrera de Ingeniería en Petróleo.

El mencionado trabajo, en el contexto general, cumple con los requisitos de redacción, estilo y ortografía para el uso del idioma español.

Certificación que otorgo para fines académicos pertinentes, en la ciudad de Santa Elena a los dieciséis días del mes de agosto de dos mil veinte y uno.

Atentamente,



Letty Gisela Alejandro Orrala
"MAGISTER EN DISEÑO Y
EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS"
Número de cédula: 0912208253
Número de celular: 0993171533
Número de registro del SENESCYT: 1050-12-86029461

TRIBUNAL DE GRADO



Qf. Rolando Calero Mendoza, PhD.
DIRECTOR DE LA CARRERA
DE PETRÓLEOS



Ing. Carlos Portilla Lazo, MSc
PROFESOR DE ARÉA



Ing. Gerardo Herrera Brunett, MSc
TUTOR



Firmado
digitalmente
por ERICA
LORENZO
GARCIA

Lcda. Erica Lorenzo García, PhD.
DOCENTE Y SECRETARÍA DE LA UIC

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	vi
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	vii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA.....	viii
TRIBUNAL DE GRADO	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general.	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
1.5. HIPÓTESIS DE TRABAJO	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. SUINLI	6
2.1.1. Operaciones portuarias en SUINLI.	7
2.2. HIDROCARBUROS	9
2.2.1 Composición de los hidrocarburos.	9

2.2.2	Derivados de petróleo.....	10
2.2.3	Derrame de los hidrocarburos.....	11
2.3.	DISPERSANTES.....	12
2.3.1	Función de dispersantes.....	13
2.3.2	Composición básica de los dispersantes.....	14
2.3.3	Clasificación de los dispersantes.....	15
2.3.4	Propiedades fisicoquímicas de los dispersantes de petróleo.....	16
2.3.5	Acción de los dispersantes sobre el petróleo.....	19
2.3.6	Ventajas y desventajas de los dispersantes.....	21
2.3.7	Características del uso de dispersantes.....	22
2.3.8	Características ambientales para el uso de dispersantes.....	23
2.3.9	Limitaciones de los dispersantes.....	26
2.4.	ANÁLISIS DE BENEFICIO AMBIENTAL NETO.....	27
2.4.1	Ejecución.....	28
2.4.2	Planificación.....	28
2.4.3	Condiciones.....	38
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		39
3.1.	IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SENSIBLES.....	39
3.1.1.	Determinar el alcance.....	39
3.1.2.	Identificar los usuarios y sus necesidades.....	39
3.1.3.	Reunir datos necesarios.....	39
3.1.4.	Establecer colores para cada estructura.....	40
3.1.5.	Establecer los símbolos que representan a las especies vivas.....	41
3.1.6.	Representación de sensibilidad.....	42
3.2.	ESCENARIOS DE CONTAMINACIÓN.....	42
3.2.1.	Fondeadero internacional.....	42
3.2.2.	Monoboya.....	43
3.2.3.	Boyas internacionales.....	44
3.3.	TIEMPOS DE RESPUESTA ANTE UN DERRAME.....	44
3.3.1.	Cálculo de trayectoria de la mancha.....	44
3.4.	SELECCIÓN DE LOS DISPERSANTES.....	49
3.5.	PRUEBA DE EFICACIA DE LOS DISPERSANTES.....	49
3.5.1.	Propiedades de los hidrocarburos.....	50

3.5.2.	Procedimiento para la determinar la eficacia.	50
3.5.3.	Realización de la prueba de eficacia.....	52
3.6.	IMPACTO AMBIENTAL.....	53
3.6.1.	Valoración de Impactos Ambientales.....	53
3.6.2.	Dictamen de impactos ambientales.	55
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		56
4.1.	MAPA DE SENSIBILIDAD	56
4.2.	TIEMPOS DE RESPUESTA.....	61
4.3.	PRUEBA DE EFICACIA DE DISPERSANTES.....	67
4.3.1	Propiedades de los dispersantes, petróleo y diésel.	67
4.3.2	Eficacia de los dispersantes utilizados.....	68
4.4.	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	70
4.4.1	Evaluación de eficacia de los dispersantes.	70
4.4.2	Evaluación del uso dispersantes	71
CONCLUSIONES.....		78
RECOMENDACIONES		80
BIBLIOGRAFÍA		81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Puertos especiales del Ecuador (SUINLI).....	6
Figura 2. Operaciones portuarias en la jurisdicción de SUINLI.	7
Figura 3. Incompatibilidad de petróleo/agua.....	19
Figura 4. Aplicación de dispersantes en una mancha de petróleo.	19
Figura 5. Gotas de petróleo repeliéndose entre sí.....	20
Figura 6. Acción de los dispersantes.	21
Figura 7. Relación de la eficacia relativa del dispersante con la salinidad del agua. ..	26
Figura 8. Proceso del ABAN.....	33
Figura 9. Planificación de estrategias mediante un ABAN.....	37
Figura 10. Ubicación del fondeadero internacional.....	43
Figura 11. Ubicación de la monoboya.....	44
Figura 12. Ubicación de las boyas internacionales.....	44
Figura 13. Interfaz del software Responder Tool kit.....	45
Figura 14. Identificación de los datos de dirección y velocidad del viento.....	46
Figura 15. Mapa de identificación de velocidad y dirección de la corriente.....	46
Figura 16. Identificación de los datos de dirección y velocidad del viento.....	47
Figura 17. Resultados de las nuevas coordenadas de ubicación de la mancha.....	48
Figura 18. Nuevo punto de ubicación de la mancha.....	48
Figura 19. Diagrama de flujo para el correcto uso de dispersantes.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición de las fracciones químicas contenidas en un crudo de petróleo.....	9
Tabla 2. Nomenclatura de los dispersantes que se pueden adquirir (OMI/PNUMA, 1995).	15
Tabla 3. Escala de Beaufort. (Beaufort, Sir Francis 1806).....	24
Tabla 4. Escala de Douglas-Altura de las olas (Douglas, Henry Percy 1917).	25
Tabla 5. Códigos de las estructuras en la zona costera de La Libertad y Salinas.....	40
Tabla 6. Símbolos de identificación de los recursos biológicos en las zonas costeras.....	41
Tabla 7. Símbolos establecidos para identificar los recursos humanos en la zona costera. ..	42
Tabla 8. Características de los dispersantes.	49
Tabla 9. Criterios para valorar los impactos ambientales.....	53
Tabla 10. Criterios para valorar los impactos.....	54
Tabla 11. Descripción de playas de arena de grano grueso.....	59
Tabla 12. Descripción de sustratos verticales impermeables expuestos.	60
Tabla 13. Descripción de sustratos no verticales impermeables expuestos.	60
Tabla 14. Descripción de playas de arena de grano fino a medio.	60
Tabla 15. Dirección de la mancha en el mes de enero.	61
Tabla 16. Dirección de la mancha en el mes de febrero.....	61
Tabla 17. Dirección de la mancha en el mes de marzo.	62
Tabla 18. Dirección de la mancha en el mes de abril.....	62
Tabla 19. Dirección de la mancha en el mes de mayo.	63
Tabla 20. Dirección de la mancha en el mes de junio.	63
Tabla 21. Dirección de la mancha en el mes de julio.	64
Tabla 22. Dirección de la mancha en el mes de agosto.....	64
Tabla 23. Dirección de la mancha en el mes de septiembre.....	65
Tabla 24. Dirección de la mancha en el mes de octubre.	65
Tabla 25. Dirección de la mancha en el mes de noviembre.	66
Tabla 26. Dirección de la mancha en el mes de diciembre.	66
Tabla 27. Descripción del proceso a seguir en caso de derrame.	67
Tabla 28. Propiedades fisicoquímicas de petróleo y diésel.	68

Tabla 29. Propiedades fisicoquímicas de los dispersantes.....	68
Tabla 30. Beneficios del uso de dispersantes.....	75
Tabla 31. Matriz de criterios relevantes integrados, actividad: análisis de daños de un derrame de hidrocarburos.....	77

ABREVIATURAS

NOAA: Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica.

BOC: Bunker oil call.

REMACOPSE: Reserva de producción de fauna marina costera de la puntilla de Santa Elena.

SDT: Medidor de sólidos disueltos.

CSt: Centistoke.

PPM: Partes por millón.

PH: Potencial de hidrógeno.

API: American Petroleum Institute.

ASTM: American Society for Testing and Materials.

M: Metros.

CM: Centímetros.

KM: Kilómetros.

M/S: Metros por segundo.

G/CM³: Gramos por centímetro cubico.

ML: Mililitros.

LT: Litros.

S: Segundo.

MN: Millas náuticas.

GLOSARIO

Calado: profundidad que alcanza en el agua la parte sumergida de un buque.

Hormigón: material de construcción compuesto por una mezcla de cal, cemento, arena y agua.

Peso muerto: peso real en toneladas que una embarcación puede movilizar cuando está cargado hasta el calado máximo.

Millas: medida de longitud, generalmente utilizada en marina, que equivale a 1852 m.

Bajamar: estado del mar donde desciende la marea, se da cuando el agua alcanza su nivel más bajo.

Pleamar: estado del mar donde asciende la marea, se da cuando el agua alcanza su nivel más alto.

Alijes: es la maniobra de transferencia de hidrocarburos líquidos entre dos buques petroleras, quimiqueras o gaseras.

Chocolate mousse: emulsiones de agua en hidrocarburo.

Tensión interfacial: es la fuerza neta por unidad de longitud que se ejerce en la superficie de contacto entre una fase (sólida o líquida) y otra (sólida, líquida o gaseosa).

Difusión: las partículas se mueven de una región de alta concentración a un área de baja concentración hasta obtener una distribución uniforme.

Coralinos: es una estructura subacuática hecha del carbonato de calcio secretado por corales.

Sinérgicas: es el momento en el que el todo es mayor que la suma de las partes.

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO

**“ANÁLISIS DE BENEFICIO AMBIENTAL NETO DE DISPERSANTES PARA
EL CONTROL EN UN DERRAME DE HIDROCARBUROS GENERADO POR
BUQUES EN EL TERMINAL PETROLERO LA LIBERTAD”.**

Autores: Cielo Nalleli Loor Cusme, Gianella Lissette Suarez Panchana.

Tutor: Gerardo Antonio Herrera Brunett.

RESUMEN

La presente tesis muestra mapas de sensibilidad de las zonas costeras cercanas a el muelle de La Libertad, con la finalidad de evaluar la incidencia que tendrían los derivados de hidrocarburos en áreas de mayor riesgo, para determinar cómo se podrían evitar. Siendo las playas de Salinas más susceptibles a la penetración de contaminantes.

Se modeló mediante el software Responder Tool kit la trayectoria de la mancha y así reducir 15 minutos a los tiempos de respuesta ante un derrame, determinando escenarios de la posible dirección de la mancha para establecer la mejor estrategia a usar, considerando el uso de dispersantes como primera opción de respuesta.

Se realizaron pruebas de eficacia de los dispersantes seacare citrus y HD 865 Plus en petróleo crudo y diésel, estableciendo el máximo volumen dispersado con 0.05 ml de cada dispersante, se observó que el dispersante HD 865 plus reaccionó de una forma más efectiva al dispersar hasta 120 ml de diésel y 60 ml de petróleo, mientras que el dispersante seacare citrus dispersó 105 ml de diésel y 45 ml de petróleo. Se estableció cuando se debe y cuando no usar dispersantes, esto basado en las estructuras del suelo y las características del medio.

PALABRAS CLAVE- Responder Tool kit – dispersantes - seacare citrus - HD 865 plus.

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO

**“ANÁLISIS DE BENEFICIO AMBIENTAL NETO DE DISPERSANTES PARA
EL CONTROL EN UN DERRAME DE HIDROCARBUROS GENERADO POR
BUQUES EN EL TERMINAL PETROLERO LA LIBERTAD”.**

Autores: Cielo Nalleli Loor Cusme, Gianella Lissette Suarez Panchana.

Tutor: Gerardo Antonio Herrera Brunett.

ABSTRACT

Sensitivity maps of the coastal areas near to the La Libertad pier are presented to evaluate the incidence of hydrocarbon contaminants in areas of greatest risk to determine how they could be avoided. Salinas' beaches were shown to be more susceptible to contamination penetration.

The trajectory of the slick was modeled using the Responder Tool kit software, thus reducing the response time to a spill by 15 minutes, determining scenarios of the possible direction of the slick to establish the best strategy to use, considering the use of dispersants as the first response option.

Efficacy tests of the dispersant's seacare citrus and HD 865 Plus in crude oil and diesel were carried out to establish the maximum volume dispersed with 0.05 ml of each dispersant, it was observed that the dispersant HD 865 plus reacted more effectively to scatter 120 ml of diesel and 60 ml of oil, while the dispersant sea care citrus dispersed 105 ml of diesel and 45 ml of oil. Through an analysis, it was established when to use and when not to use dispersants, based on soil structures and environmental characteristics.

KEYWORDS- Response tool kit – dispersants - seacare citrus - HD 865 plus.

INTRODUCCIÓN

El uso del petróleo ha incidido significativamente en el desarrollo tecnológico a nivel mundial, siendo de gran importancia la utilización de sus derivados como combustibles pesados, aceites y combustibles livianos. En consecuencia, existe riesgo de derrames accidental o por negligencia lo que ocasiona grandes daños al ambiente y a la economía.

Actualmente los problemas de contaminación a nivel mundial son parte de nuestra vida cotidiana y una de las dificultades más serias que se presenta en la industria petrolera es la contaminación ambiental, donde el derrame de hidrocarburo son unos de los principales problemas que afectan a la vida marina.

El análisis de beneficio ambiental neto (ABAN) es un enfoque estructurado que utilizan la comunidad de respuesta y los grupos de interés durante la planificación de preparación y respuesta ante derrames de hidrocarburos para comparar los beneficios medioambientales de las posibles herramientas de respuesta y desarrollar una estrategia de respuesta que reduzca el impacto de un derrame de hidrocarburos en el medio ambiente (IPIECA, 2015).

Se debe tratar de que la contaminación al ambiente sea la menor posible, para ello se debe tener una planificación previa, utilizando la ABAN se plantea estrategias de cuando usar y cuando no dispersante en caso de un derrame en el mar, el cual debe tener características biodegradables para que no exista un impacto ambiental grave.

Desde hace muchos años los dispersantes se han utilizado para combatir derrames de hidrocarburos, de hecho, son una de las primeras opciones con la que cuentan los encargados de dar respuesta a los derrames ya que están formulados para mitigar con rapidez y seguridad el potencial daño que provocan los hidrocarburos en el medio ambiente. Si son usados de forma adecuada, pueden reducir rápidamente el hidrocarburo en la superficie del agua y acelerar el proceso de biorremediación natural.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

Un ABAN consideraría los datos, predeciría los resultados y sopesaría las ventajas y desventajas de las opciones de respuesta disponibles, y probablemente encontraría que el rociado rápido de dispersantes, a pesar de las posibles desventajas de rociar en aguas someras y, en potencia, dañar las algas y corales, reduciría el potencial de impacto a largo plazo en las plantas del manglar sensible y reduciría el riesgo de que el hidrocarburo superficial impacte a las aves. Una clara expresión temprana de un ABAN surgió durante la respuesta al impacto del Exxon Valdez en Alaska en 1989, para la evaluación de las propuestas de lavado mecánico de rocas a gran escala que recomendaba la remoción masiva del material de la costa impregnado de hidrocarburos. Los desacuerdos entre los organismos normativos acerca de su aplicación obligaron a que la NOAA ejerciera el voto decisivo. La propuesta fue rechazada cuando se determinó que no habría “ningún beneficio medioambiental neto adquirido al excavar y lavar las costas” y que “esta tecnología tenía el potencial de agravar el daño al medio ambiente provocado por el derrame” (IPIECA, 2015).

En el desastre del buque tanque Torrey Canyon en 1967 en Inglaterra, los daños producidos por los dispersantes utilizados fueron mayores que los provocados por el vertido en sí. Antes de la utilización de estos productos químicos, es necesario saber que estos compuestos no son aptos para todo tipo de petróleo, ni de emulsiones de este (Piguave & Gutierrez, 2010).

El barco pesquero Inmarsa I encalló al norte de las islas Galápagos, mientras llevaba entre 1.300 y 2.000 galones de diésel. Se señaló que una porción del combustible fue recogida manualmente en las últimas 48 horas con la ayuda de dispersantes químicos, mientras que otra parte no cuantificada se dispersó y se evaporó por la acción del sol (Universo, 2005).

Contaminación por derrame Fuel Oil a la altura de la monoboja, en el sitio del derrame se verifica que existe una mancha de color café oscuro plateado (iridiscente) de aproximadamente 500 metros de largo por 8 metros de ancho, debido a que la mancha tomo la dirección hacia las playas de Salinas el jefe de control de contaminación de SUINLI dispuso armar el sistema de dispersión que se encontraba a bordo del remolcador SUINLI III y se procedió a dispersar la mancha (SUINLI, 2012).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria del petróleo aplica diversas medidas para evitar y prevenir que sucedan derrames en las diferentes áreas de trabajo. Por ello realiza nuevas investigaciones y aplica lecciones aprendidas para mejorar la prevención de derrames. Por lo tanto, se hace un esfuerzo significativo para el desarrollo de medidas para contrarrestar los potenciales impactos de los derrames.

Debido a los distintos escenarios que se pueden producir en derrames de hidrocarburos, el ABAN no establece una metodología que sea aplicable en todas las situaciones. Entonces se debe considerar varios parámetros que intervendrán en la complejidad y la magnitud del problema como el área en donde se produjo el derrame, el tipo de producto, la cantidad derramada, para así poder realizar una planificación para cada situación, en donde se pueda dar una solución de forma rápida y eficiente.

¿Cuál es el proceso que el ABAN utiliza para escoger el método adecuado para el control de derrames?

El ABAN consta de cuatro etapas:

1. Compilar y evaluar datos para identificar un escenario de exposición y las posibles opciones de respuesta y para comprender los posibles impactos de esa situación de un derrame.

2. Predecir los resultados para la situación dada, a fin de determinar cuáles técnicas son eficaces y viables.
3. Sopesar ventajas y desventajas al determinar una gama de beneficios ecológicos e inconvenientes resultantes de cada opción de respuesta viable. En algunos países esto también incluye una evaluación de los beneficios y costos desde el punto de vista socioeconómico de cada opción de respuesta viable.
4. Selección de las mejores opciones de respuesta para la situación determinada, basado en cuál combinación de herramientas y técnicas podrán minimizar el impacto (IPIECA, 2015).

Para la selección de dispersantes se realizarán pruebas de agua en laboratorio, en donde se usará petróleo crudo y sus distintos derivados, para determinar la efectividad del “seacare citrus” y “HD 865 plus” ante cada situación. Se medirá el tiempo de respuesta dependiendo del tamaño de la mancha, la cual depende de las condiciones climáticas, mareas y corrientes, y a su vez calcular la dirección de la mancha para predecir las zonas de mayores riesgos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general.

Evaluar la eficacia de dispersantes usados en un derrame de hidrocarburo generado por buques mediante un análisis de beneficio ambiental neto en el terminal petrolero La Libertad.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Aplicar los dispersantes: Seacare citrus y HD 865 plus como método de limpieza en un análisis de laboratorio de aguas contaminadas con hidrocarburos.
- Minimizar el tiempo de respuesta ante un derrame tomando en cuenta las mejores técnicas de limpieza.
- Determinar las zonas con alto riesgo de daño mediante mapas de sensibilidad.
- Aminorar los daños al ambiente y por ende los gastos económicos a la empresa.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Debido a grandes contaminaciones que generan los hidrocarburos al derramarse en áreas marítimas y terrestres las corporaciones petroleras han investigado y adaptado diferentes técnicas preventivas en casos de situaciones de riesgo.

Esta investigación tiene como objetivo la implementación de nuevas estrategias para contrarrestar el impacto ambiental ocasionado por un derrame de hidrocarburo generado por buques mediante un análisis de beneficio ambiental neto en el terminal petrolero La Libertad. Al ejecutar este proyecto se busca una mejor seguridad en el medio ambiente.

Se determinará la eficacia entre seacare citrus y HD 865 plus, dependiendo del compuesto utilizado: petróleo y diésel, usando los laboratorios para diferentes pruebas de agua. Se identificarán las zonas de mayor riesgo mediante mapas de sensibilidad,

Cabe destacar que Petroecuador posee un manual de contingencia que emplea en situaciones presentadas en el muelle de La Libertad, mientras que la Superintendencia del terminal petrolero de La Libertad tiene jurisdicción únicamente en derrames de buques que realizan actividades de BOC.

1.5. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Se plantea que los dispersantes seacare citrus y HD 865 plus actúen con un 100% de eficacia y que su tiempo de reacción sea instantánea al colocar 0,05 ml de cada dispersante en las muestras de 140 ml de diésel y 75 ml de petróleo crudo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. SUINLI

El terminal petrolero de La Libertad está localizado en la península de Santa Elena a 140 Km. al oeste de la ciudad de Guayaquil y a 5 millas al este del faro de Santa Elena.

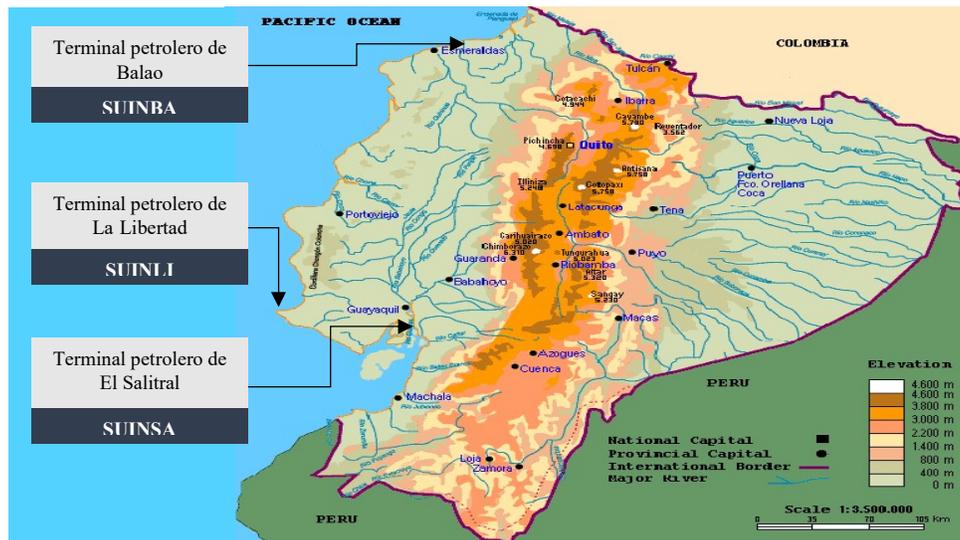


Figura 1. Puertos especiales del Ecuador (SUINLI).

Fuente: Google editado por los autores.

Cuenta con diferentes facilidades en su estructura que se detallan a continuación:

- Un sistema conformado por 4 boyas localizado a 2.5 millas del Malecón de La Libertad, la cual que está construida para bombear 550 toneladas cada hora en su máxima capacidad. Este sistema recibe buques con peso muerto de hasta 40.000 toneladas y con una profundidad de calado de 10,5 metros en los buques.

- Un muelle de 322.5 metros de longitud construido de hormigón y en marea baja 4.67 metros de calado para los buques. Recibe buques de 4500 toneladas de peso muerto en su máxima capacidad.

Es parte de este terminal las nuevas instalaciones de Monteverde que posee la siguiente infraestructura:

- Un Muelle tiene una longitud de 1.380 x 12 metros con una plataforma de operación de 40mtrs. por 50.30 metros de ancho
- Inicia operación de carga de productos gas butano y gas propano en Junio/2015.

2.1.1. Operaciones portuarias en SUINLI.

Cuenta con una capacidad de cinco escenarios de riesgo capaces de producir una emergencia, especialmente de tipo ambiental como es la contaminación de hidrocarburos en el mar durante el despacho de crudo ecuatoriano proveniente del Terminal Petrolero de Balao en Esmeraldas y crudo Peninsular.

De estos cinco escenarios de posible afectación al mar, se describen brevemente las condiciones operativas de cada uno de ellos:



Figura 2. Operaciones portuarias en la jurisdicción de SUINLI.

Fuente: Instamaps editado por los autores.

a. Monoboya.

Cuenta con 14 metros de profundidad y una longitud de tubería submarina de 5.500 metros, con un aforo de bombeo de 10.000 barriles por hora que recibe naves con un peso muerto de 45.000 toneladas que exportan en su mayoría crudo del Oriente y fuel oil. Con un calado de 12.30 metros máximo

b. Boyas internacionales.

Posee una longitud en su línea submarina de 4500 metros y 11.40 metros de profundidad, puede bombear hasta 6.000 barriles por hora. Recibe buques con un peso muerto hasta de 40.000 toneladas y con un calado de 10.50 metros máximo.

c. Boyas Cautivo.

Posee 2 líneas marinas de 8” y de 6” con 330 metros y 6 metros de profundidad respectivamente. En donde línea de 8” bombea fuel oil y la línea de 6” bombea diésel. El peso muerto que recibe es de hasta 4.000 toneladas y 5.80 metros de calado. Con un bombeo de 60.000 galones por hora de capacidad.

d. Terminal marítimo del muelle de La Libertad.

Cuenta con una longitud de 322 metros y 4 metros de profundidad construido de hormigón, recibe naves con peso muerto de 4.500 toneladas máximo. Tiene 3.80 y 5.80 metros de calado máximo en bajamar y pleamar respectivamente.

Las líneas aéreas que recorren el muelle de La Libertad entregan los productos detallados a continuación:

- Diésel.
- Gasolina extra.
- Residuo fuel oil.
- Diésel por medidor para consumo de máquinas.
- Aguas oleosas.
- Área de alijes.

2.2. HIDROCARBUROS

La palabra petróleo proviene del latín *Petroleum*, cuyos términos significan *petro* [roca] y *óleum* [aceite]. El petróleo no es un elemento o un compuesto uniforme; más bien es una mezcla compleja de un enorme número de compuestos químicos, generalmente llamados hidrocarburos. En su estado natural su apariencia varía desde un líquido claro blanquecino de consistencia muy liviana a un color castaño o verdoso, hasta llegar a un material asfáltico pesado, casi sólido de coloración negra (Alvarado, 2003).

2.2.1 Composición de los hidrocarburos.

El petróleo se caracteriza por ser un líquido negro, viscoso y con una composición química compleja, que incluye diferentes grupos de hidrocarburos. Los hidrocarburos del petróleo se pueden dividir en cuatro categorías de compuestos (Torres D. & Zuluaga M., 2009).

Tabla 1. Composición de las fracciones químicas contenidas en un crudo de petróleo.

Fracción	Composición
Saturados	n-alcanos, alcanos de cadena ramificados e isoprenoides, y cicloparafinas o cicloalcanos, hopanos.
Aromáticos	Hidrocarburos monoaromáticos, diaromáticos, aromáticos policíclicos.
Resinas	Agregados de piridinas, quinolinas, carbazoles, tiofenos, sulfóxidos y amidas.
Asfáltenos	Ácidos nafténicos, sulfuros, ácidos grasos, metaloporfirinas, fenoles polihidratados.

La composición elemental de un crudo está condicionada por la predominancia de los compuestos tipo hidrocarburo: 84-87% de C, 11-14% de H, de 0-8% de S, y de 0-4% de O y N y metales como el níquel y el vanadio (Clark & Brown, 1977).

Los hidrocarburos componen la familia predominante de compuestos (un 50-98% de la composición), por lo que constituyen uno de los grupos de contaminantes ambientales más importantes, tanto por su abundancia, como por

su persistencia en distintos compartimentos ambientales (Casellas, Fernández, Bayona, & Solanas, 1995).

2.2.2 Derivados de petróleo.

La naturaleza química de los diferentes derivados del petróleo que potencialmente pueden ser contaminantes en el medio ambiente, hay que entender el proceso de refinado del crudo utilizado para la obtención de estos productos petrolíferos. El refinado pasa por un proceso de destilación, con la finalidad de eliminar el color y olor, así como también, los compuestos del azufre. Se destila a temperaturas crecientes obteniendo 4 fracciones principales: gasolina, queroseno, destilados medios (querosenos, gasoil, aceites lubricantes) y un residuo. Este residuo se destila al vacío obteniéndose otros aceites lubricantes (más pesados), ceras y parafinas y betunes asfálticos (alquitranes) (Marc, 2005).

a. Diésel o ACPM.

Es el combustible constituido por fracciones intermedias del petróleo y existen tres tipos de diésel (Alvarado, 2003):

✓ Diésel # 1.

Es el combustible utilizado en máquinas que requieren cambios frecuentes de velocidad y carga, así como también para usos domésticos (Alvarado, 2003).

✓ Diésel # 2.

Es el combustible utilizado para uso industrial y para motores de combustión interna de auto ignición (Alvarado, 2003).

✓ Diésel n-2 de bajo contenido de azufre.

Es el combustible utilizado en automotores de diésel, que requieren de bajo contenido de azufre y alta volatilidad (Alvarado, 2003).

b. Gasolina motor corriente y extra.

Para consumo en los vehículos automotores de combustión interna, entre otros usos (Alvarado, 2003).

c. Turbo combustible o turbosina.

Gasolina para aviones jet, también conocida como Jet-A (Alvarado, 2003).

d. Gasolina de aviación.

Para uso en aviones con motores de combustión interna (Alvarado, 2003).

e. Queroseno.

Se utiliza en estufas domésticas y en equipos industriales. Es el que comúnmente se llama "petróleo" (Alvarado, 2003).

f. Cocinol.

Especie de gasolina para consumos domésticos. Su producción es mínima. (Alvarado, 2003).

g. Gas propano o GLP.

Se utiliza como combustible doméstico e industrial (Alvarado, 2003).

h. Bencina industrial.

Se usa como materia prima para la fabricación de disolventes alifáticos o como combustible doméstico (Alvarado, 2003).

i. Combustóleo o fuel oil.

Es un combustible pesado para hornos y calderas industriales (Alvarado, 2003).

2.2.3 Derrame de los hidrocarburos.

La contaminación por petróleo es ocasionada accidental o deliberadamente desde diferentes fuentes, una gran proporción de la contaminación del mar se debe a los desechos generados por millones de barcos que recorren diariamente los mares (Martínez, 2013).

Los derrames de hidrocarburo generan un severo impacto económico que afecta la explotación de los recursos marinos y por ende las actividades costeras. El impacto asciende debido a la impregnación de las sustancias tóxicas que se generan a partir de la composición química de los hidrocarburos, así como por la

diversidad y variabilidad de los sistemas biológicos y su susceptibilidad a la contaminación.

a. Efectos negativos de un derrame de hidrocarburos sobre la vida marina.

La vida marina puede verse afectada por las operaciones de limpieza o indirectamente a través del daño físico a sus hábitats. Los derrames accidentales son por lo general de máxima preocupación ya que a menudo dan origen a una contaminación del lecho marino (OMI/PNUMA, 1995).

Considerando situaciones de derrames donde la vida marina se vea expuesta directamente a la acción de los hidrocarburos, es importante destacar como puede ser afectada (OMI/PNUMA, 1995):

- Absorción de hidrocarburos solubles
- Asfixia física o deterioro
- Ingestión
- Cobertura/contaminación

Una de las mayores preocupaciones ha sido el petróleo soluble, ya que se cree que el efecto tóxico del petróleo en los organismos es el resultado de la disolución en el agua de hidrocarburos provenientes de crudo o productos refinados (OMI/PNUMA, 1995).

2.3. DISPERSANTES

Los dispersantes de derrame de hidrocarburos son mezclas de agentes tensoactivos en uno o varios disolventes orgánicos. Están específicamente formulados para mejorar la dispersión de los hidrocarburos en la columna de agua de mar mediante la reducción de la tensión interfacial entre los hidrocarburos y el agua (OMI/PNUMA, 1995).

El movimiento natural o inducido de las aguas produce dentro de las mismas una distribución rápida de gotitas muy finas de hidrocarburos formadas por la acción dispersante que contribuye así a los procesos de biodegradación. Los dispersantes también impiden la coalescencia de las gotitas de hidrocarburos y la reconstitución de la macha (OMI/PNUMA, 1995).

Por consiguiente, se entiende que los dispersantes además de evitar que las gotas de hidrocarburo se reúnan, tienen como objetivo prevenir que los hidrocarburos derramados en aguas marinas lleguen a tierra, lo cual se consigue a través de la transformación de la capa flotante de hidrocarburo en gotas muy pequeñas que estarán dispersas dentro de toda la columna de agua.

2.3.1 Función de dispersantes.

Por diferencia en las gravedades específicas del agua y el aceite, estas sustancias no se mezclan fácilmente. El hidrocarburo derramado al ser menos denso que el agua flota en la superficie del mar en condiciones de calma, mientras que la acción de mezcla de las olas puede provocar que el hidrocarburo y el agua se combinen de dos formas:

a. Dispersión natural.

La acción de las olas rompe la tensión interfacial lo que provoca que la mancha de hidrocarburos se convierta en pequeñas gotitas de hidrocarburos que quedan suspendidas en el agua por un lapso. La gran parte de estas gotitas de hidrocarburos serán lo suficientemente grandes como para que floten de nuevo hacia la superficie y rápidamente vuelvan a formar la mancha de hidrocarburos que fue al inicio. Sin embargo, una pequeña porción de estas gotas de hidrocarburo serán tan minúsculas que tendrán una flotabilidad casi neutral. Estas pequeñísimas gotas de hidrocarburos seguirán dispersas en el agua casi indefinidamente, siendo empujadas repetidamente hacia el fondo por la acción de las olas conforme van ascendiendo lentamente hasta llegar al lecho marino (IPIECA A. I., 2001).

b. Emulsificación de tipo agua en aceite.

La acción mezcladora de las olas también puede dar lugar a que se incorporen al hidrocarburo gotitas de agua formando una emulsión del tipo agua en aceite, a menudo aludida como “mousse de chocolate”. La emulsión tiene una viscosidad mucho más alta que la del hidrocarburo del que se forma. El volumen de la emulsión puede aumentar eventualmente hasta cuatro veces el del hidrocarburo derramado, dado que las emulsiones contienen normalmente hasta un 75 por

ciento de agua, por volumen. Aun cuando las emulsiones son viscosas, persistentes y pueden crear serios problemas de limpieza de las costas, el hidrocarburo dispersado se puede diluir en el mar para alcanzar concentraciones extremadamente pequeñas, muy por debajo de las que podrían tener impacto sobre la vida marina (IPIECA A. I., 2001).

2.3.2 Composición básica de los dispersantes.

Los dispersantes están compuestos principalmente por emulsificantes, tensoactivos, detergentes en base acuosa, aceites cítricos, surfactantes, alcoholes etoxilados, alcoholes lineales etoxilados, y un sin número de compuestos en serie (Piguave & Gutierrez, 2010).

Los dispersantes se componen de agentes tensoactivos y solventes.

a. Agentes tensoactivos.

Son compuestos químicos constituidos por moléculas que contienen grupos hidrofílicos y oleofílicos, los agentes tensoactivos con un carácter predominantemente oleofílicos tienden a estabilizar las emulsiones de agua en hidrocarburos, mientras que los de carácter principalmente hidrofílico estabilizan las emulsiones de hidrocarburos en agua. Estos últimos suelen utilizarse en la formulación de los dispersantes (Perales, 2001).

✓ Surfactantes.

Los surfactantes son compuestos químicos formado por moléculas que contienen grupos tanto hidrofílicos como oleofílicos. Aquellos de características predominantes oleofílicas tienden a estabilizar las emulsiones de agua en hidrocarburo, mientras que aquellas de carácter hidrofílicas estabilizan las emulsiones de hidrocarburo en agua. Estos últimos son los más usados en la formulación de dispersantes (Perales, 2001).

Los surfactantes están divididos en cuatro grupos (aniónicos, catiónicos, no iónicos y anfotéricos), pero tan sólo los no iónicos y los aniónicos se utilizan en formulaciones de dispersantes modernos (Piguave & Gutierrez, 2010).

b. Solventes.

Los solventes están compuestos en tres grupos:

- Agua.
- Compuestos de agua e hidróxido mezclable.
- Hidrocarburos.

En general, los dispersantes modernos tienen aproximadamente la siguiente composición (Alvarado, 2003):

1. Dispersantes convencionales, segunda generación 10% a 25% de surfactante solvente de base hidrocarburo.
2. Dispersantes concentrados, tercera generación. 25% a 60% de surfactante solvente polar orgánico o mezclas de hidrocarburo.

2.3.3 Clasificación de los dispersantes.

Los dispersantes pueden clasificarse, bien por el número correspondiente a su generación, bien por su número de tipo, como se muestra en el siguiente cuadro (OMI/PNUMA, 1995).

Tabla 2. Nomenclatura de los dispersantes que se pueden adquirir (OMI/PNUMA, 1995).

Nombre corriente	Número de generación	Número de tipo	Modo de aplicación	Tipo de disolvente
Dispersantes concentrados	Tercera	2	Diluido con agua al aplicarlo	Oxigenados e hidrocarburos no aromáticos
		3	No diluido desde el buque o avión	
Dispersantes convencionales	Segunda	1	Puro desde buques	Hidrocarburos no aromáticos

Obsérvese que los dispersantes de la primera generación (detergentes) ya no se utilizan.

2.3.4 Propiedades fisicoquímicas de los dispersantes de petróleo.

a. Tensión superficial.

Los agentes activos superficiales o surfactantes (derivado del inglés surface active agents) son moléculas que contiene un segmento liposoluble (soluble en aceite) y otro hidrosoluble (soluble en agua). La solubilidad parcial tanto en agua como en aceite permite al surfactante ocupar la interfase. Los agentes de actividad superficial son sustancias químicas que reducen la tensión superficial de los líquidos (Villena, 2005).

Los dispersantes fomentan la formación de numerosas y minúsculas gotas de hidrocarburos y retardan la recoalescencia de dichas gotas para formar manchas nuevamente. Esto ocurre porque los dispersantes contienen surfactantes (agentes tensoactivos) que reducen la tensión interfacial entre el hidrocarburo y el agua. Las moléculas de los surfactantes poseen grupos de cabeza hidrofílica (que buscan el agua) que se asocian con las moléculas de agua y colas oleofílicas (que buscan el hidrocarburo) que se asocian al hidrocarburo. De este modo, las moléculas del surfactante rodean a las gotitas de hidrocarburos y las estabilizan. Esto ayuda a estimular la dilución rápida mediante los movimientos del agua (IPIECA A. I., 2001).

b. Olor.

Los olores corresponden al fenómeno objetivo de los químicos disueltos en el aire, aunque, como en otros sentidos, varios factores psicológicos pueden desempeñar cierto papel en la percepción de estos. El olor de los dispersantes varía según su composición y características estos pueden ser olores a esencias naturales, solventes (Piguave & Gutierrez, 2010).

c. Color.

Es un fenómeno físico - químico asociado a las innumerables combinaciones de la luz, relacionado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético, que perciben las personas y animales a través de los órganos de la visión, como una sensación que nos permite diferenciar los objetos con mayor precisión (Piguave & Gutierrez, 2010).

d. Presión de vapor.

La presión de vapor o más comúnmente presión de saturación es la presión, para una temperatura dada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas (Piguave & Gutierrez, 2010).

En la situación de equilibrio, las fases reciben la denominación de líquido y vapor saturados. Esta propiedad posee una relación inversamente proporcional con las fuerzas de atracción intermoleculares, debido a que cuanto mayor sea el módulo de estas, mayor deberá ser la cantidad de energía entregada (ya sea en forma de calor u otra manifestación) para vencerlas y producir el cambio de estado (Piguave & Gutierrez, 2010).

e. Punto de fluidez.

Es la temperatura de un líquido por debajo de la cual no podrá fluir. El punto de fluidez de la mayoría de los dispersantes es muy por debajo de 0°C (-4 a -10°C) (Piguave & Gutierrez, 2010).

f. Volatilidad.

La volatilidad es la capacidad de una sustancia de evaporarse a una temperatura determinada y con una presión determinada. Cuanto menor sea la temperatura de evaporación de la sustancia se dice que es más volátil. Existe una gran cantidad de estas sustancias que se volatilizan a temperatura ambiente, tal es el caso de los alcoholes; se puede determinar indirectamente por medición del punto de inflamabilidad (Piguave & Gutierrez, 2010).

g. Punto de inflamación.

Es la temperatura más baja a la que los vapores que se desprenden por encima de una sustancia volátil se inflaman en el aire cuando son expuestos a una llama. La mayoría de los dispersantes tienen punto de inflamación superior a 60°C por lo que deben ser considerados como no inflamables (Piguave & Gutierrez, 2010).

h. Solubilidad.

El término solubilidad se utiliza tanto para designar al fenómeno cualitativo del proceso de disolución como para expresar cuantitativamente la concentración de las soluciones y depende de la naturaleza del disolvente y del soluto, así como de la temperatura y la presión del sistema, es decir, de la tendencia del sistema a alcanzar el valor máximo de entropía. Al proceso de interacción entre las moléculas del disolvente y las partículas del soluto para formar agregados se le llama solvatación (Piguave & Gutierrez, 2010).

i. La gravedad específica.

Es la proporción del peso de un sólido o un líquido al peso de un volumen igual de agua, a la temperatura especificada. Los dispersantes tienen gravedades específicas entre 0.80 y 1.05. Los dispersantes convencionales tienen generalmente baja la gravedad específica entre 0.80 - 0.90 algunos pueden llegar a tener entre 0.90 - 1.05 (Piguave & Gutierrez, 2010).

j. La viscosidad.

La viscosidad de un líquido se define como su resistencia al flujo. La unidad más comúnmente utilizada es el "centistoke" (CSt). La viscosidad de las gamas de dispersantes varía entre 5 y 120 CSt. Actualmente los dispersantes convencionales son menos viscosos (Piguave & Gutierrez, 2010).

Un sistema de clasificación divide a menudo a los dispersantes en tres grupos (Piguave & Gutierrez, 2010):

- Viscosidad menor a 30 CSt. Normalmente los productos a base de hidrocarburos.
- Viscosidad entre 30 y 60 CSt. Normalmente los productos convencionales con alto contenido de tensoactivos.
- Viscosidad superior a 60 CSt. Normalmente concentrados, con alto contenido en tensoactivo y no disolventes de hidrocarburos.

Los productos del grupo 3 son las más adecuadas, los productos del grupo 2 a veces puede ser utilizada y los productos del grupo 1 no son adecuados para la fumigación aérea (Piguave & Gutierrez, 2010).

2.3.5 Acción de los dispersantes sobre el petróleo.

Es un hecho conocido que el petróleo y el agua no se mezclan; sin embargo, Si se agita una pequeña cantidad de petróleo con agua en un recipiente, el petróleo se dispersa físicamente en gotas. En forma similar una mancha de petróleo flotando en mar abierto puede ser físicamente dispersada en gotas por la energía de las olas. Cuando no existen olas o estas son de baja energía, existe poca probabilidad que esto ocurra; además, en esas condiciones (aguas tranquilas), las gotas de petróleo físicamente dispersado tienden a coalescerse, reagrupándose y formando una nueva mancha (Figura 3) (Marini, 1997).

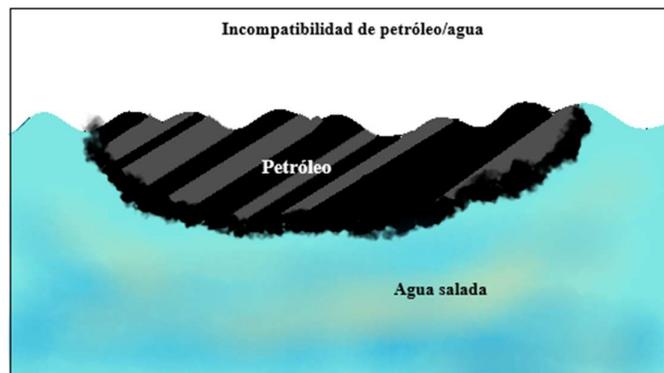


Figura 3. Incompatibilidad de petróleo/agua
Fuente: Elaborado por los autores.

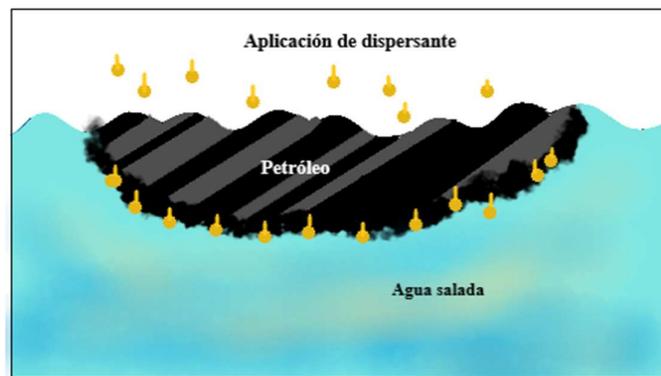


Figura 4. Aplicación de dispersantes en una mancha de petróleo.
Fuente: Elaborado por los autores.

Los dispersantes promueven la formación de numerosas y pequeñísimas gotas de petróleo retardando la coalescencia de estas y la tendencia a reagruparse en una nueva mancha. Esto se debe a que los dispersantes contienen agentes surfactantes activos que reducen la tensión interfacial entre el petróleo y el agua (Marini, 1997).

Las moléculas de los surfactantes contienen una cabeza hidrofílica que es compatible con el agua y una cola lipofílica que es compatible con el petróleo, por lo que cada pequeña gota de petróleo queda cubierta por las moléculas del surfactante con las colas orientadas hacia el petróleo y las cabezas hacia el agua como puede apreciarse en la Figura 4 y 5. Es decir, las gotas de petróleo son rodeadas por moléculas de surfactantes y estabilizadas. Este efecto ayuda a producir una rápida dilución ayudado por el movimiento de las aguas. La formación de pequeñas gotas mejora la biodegradación debido al aumento de la superficie expuesta, incrementando la exposición a las bacterias y al oxígeno (Marini, 1997).

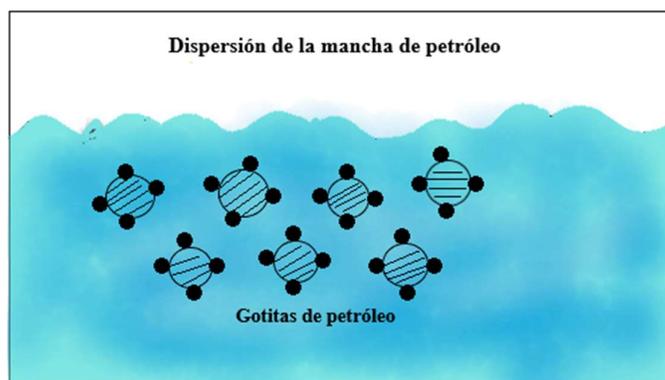


Figura 5. Gotas de petróleo repeliéndose entre sí.
Fuente: Elaborado por los autores.

a. Efecto de la dispersión sobre la mancha.

Inmediatamente después de aplicado el dispersante sobre la mancha de petróleo y durante la primera hora después de su utilización, el petróleo dividido en finas gotas y en concentraciones de 40 a 60 ppm se diluye en una columna de hasta 10 metros de profundidad. Después de transcurridas de 2 a 5 horas, la concentración será de menos de 1 ppm ya que las corrientes lo distribuyen en un área muy amplia (Marini, 1997).

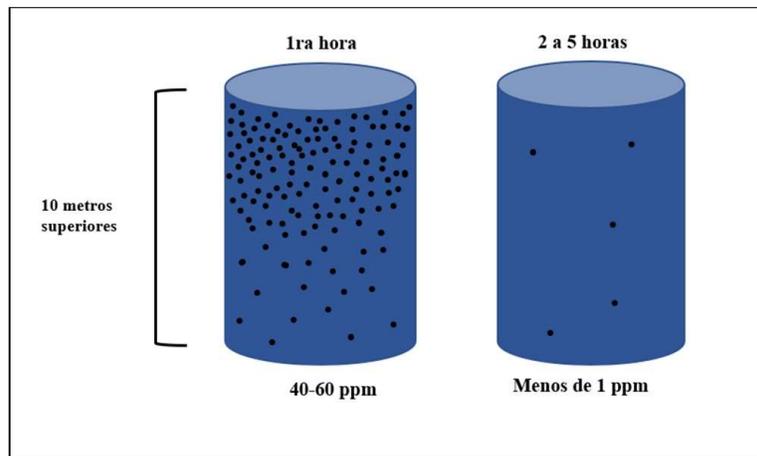


Figura 6. Acción de los dispersantes.

Fuente: Elaborado por los autores.

2.3.6 Ventajas y desventajas de los dispersantes.

a. *Ventajas.*

Los dispersantes pueden utilizarse en mares agitados con fuertes corrientes, olas y vientos en contraste con los sistemas de recuperación que consisten en barreras de contención y desnatadores (skimmers) (Alvarado, 2003).

- Es normalmente la forma más rápida de responder a la emergencia de un derrame (Alvarado, 2003).
- Eliminando la capa de hidrocarburo que está sobre la superficie del agua se evita que, por efecto del viento, la mancha sea desplazada hacia tierra (Alvarado, 2003).
- Reduce la posibilidad de contaminación para aves y mamíferos en el mar (Alvarado, 2003).
- Evita la formación de emulsiones de agua en hidrocarburo (chocolate mousse) (Alvarado, 2003).
- Aumenta el área en la superficie de hidrocarburo susceptible a biodegradación natural (Alvarado, 2003).

b. *Desventajas.*

- La alta viscosidad reduce la efectividad, lo mismo que un alto contenido de agua (Alvarado, 2003).

- No debe utilizarse dispersantes en las playas cuando el petróleo ha impactado en éstas, puede afectar a la vida silvestre y las tareas de limpieza son extremadamente costosas (Alvarado, 2003).
- Al introducir el dispersante en la columna de agua puede afectar ciertos organismos marinos que de otra forma no serían alcanzados por el hidrocarburo (Alvarado, 2003).
- Hay ciertos hidrocarburos muy pesados que, bajo ciertas condiciones climáticas, no responden a los dispersantes (Alvarado, 2003).
- Hay un espacio de tiempo limitado durante el cual se debe aplicar el dispersante (Alvarado, 2003).

Como podrá apreciarse, no hay opción que por sí sola pueda cubrir los requerimientos de una respuesta completa, generalmente son necesarias acciones combinadas utilizando varias opciones para lograr mejores resultados (Marini, 1997).

2.3.7 Características del uso de dispersantes.

a. Efectividad.

La eficacia de los dispersantes está limitada por ciertos parámetros físicos y químicos. Los más importantes son las condiciones de mar y las propiedades de los hidrocarburos. El conocimiento de las limitaciones resulta importante para identificar las circunstancias en las que será adecuado el uso de dispersantes (Itopf, 2011).

La efectividad se mide utilizando criterios como la cantidad de hidrocarburo dispersado en el agua, el tamaño de gota, y la estabilidad. Estas pruebas son útiles para clasificar diferentes productos en términos de su efectividad, pero no predicen con exactitud qué ocurrirá cuando los dispersantes se apliquen en el mar (Rodríguez, 2013).

b. Toxicidad.

La toxicidad es una medida usada para medir el grado tóxico o venenoso de algunos elementos. El estudio de los venenos se conoce como toxicología. La

toxicidad puede referirse al efecto de ésta sobre un organismo completo, como un ser humano, una bacteria o incluso una planta, o a una subestructura, como una célula (citotoxicidad) (Piguave & Gutierrez, 2010).

Aunque los dispersantes constituyen, con frecuencia la única solución práctica para combatir derrames en el mar sigue siendo un tema de gran controversia, en particular en relación a su toxicidad para la vida marina y el hecho que ellos son otros contaminantes en el mar. Gran parte de la discusión proviene del uso de dispersantes de alta toxicidad (Alvarado, 2003).

Se debe reconocer que toda sustancia es tóxica a la vida a determinadas concentraciones; por lo tanto, el efecto de una sustancia en un organismo vivo depende, no sólo de su toxicidad propia, sino también de su concentración y tiempo al que dicho organismo esté expuesto. En el caso de los dispersantes usados en el mar, la tasa de dispersión o dilución es de importancia fundamental (Piguave & Gutierrez, 2010).

Este es un aspecto que hace que muchas veces no se autorice su uso en tiempo y forma teniendo en cuenta el pensamiento popular de que es un producto tóxico para la vida marina, considerando datos de toxicidad que no son relevantes al ambiente marino (Alvarado, 2003).

2.3.8 Características ambientales para el uso de dispersantes.

a. Profundidad mínima especificada.

Se establece una profundidad entre 10 a 20 m, cuando no debería existir limitación alguna en profundidades de aplicación, si su uso reduce el impacto ambiental (Alvarado, 2003).

b. Temperatura del mar.

Los dispersantes son efectivos a temperatura de agua de mar entre 10°C y 20°C. La temperatura influye en la efectividad de los agentes tensoactivos, ya que de ésta depende la velocidad con que se difunde el dispersante en el agua y el hidrocarburo. Cuando la temperatura ambiente es baja, disminuye la velocidad de difusión y aumenta la viscosidad del crudo. Los petróleos crudos con un

punto de fluidez significativamente por encima de la temperatura del mar no pueden dispersarse porque se solidifican (SEMARNAT, 2013).

c. Velocidad del viento.

La velocidad del viento también influye en la eficacia del dispersante. Éste se debe aplicar a favor del viento, con una fuerza 3 o superior, en escala Beaufort, para generar la energía suficiente (turbulencia). En caso contrario, frente a un mar en calma, se debe proporcionar, de manera mecánica, la energía necesaria para que se efectúe la mezcla (SEMARNAT, 2013).

Tabla 3. Escala de Beaufort. (Beaufort, Sir Francis 1806).

Grado	Denominación	Velocidad Km/h	Descripción	Símbolo
0	Calma	0-2	Mar como un espejo.	
1	Ventolina	2-6	Rizos como escamas de pescado, pero sin espuma.	
2	Brisa muy débil, flojito	7-11	Pequeñas olas, crestas de apariencia vítrea, sin romperse.	
3	Brisa muy débil, flojo	12-19	Pequeñas olas, crestas rompientes, espuma de aspecto vítreo aislados vellones de espuma.	
4	Bonacicle, brisa moderada	20-29	Olas un poco largas. Numerosos borreguillos.	
5	Brisa fresca	30-39	Olas moderadas y alargadas. Gran abundancia de borreguillos y eventualmente algunos rociones.	
6	Fresco, brisa fuerte, moderado	40-50	Comienza la formación de olas grandes. Las crestas de espuma blanca se ven por doquier. Aumentan los rociones y la navegación es peligrosa para embarcaciones menores.	
7	Frescachón, viento fuerte	51-61	La espuma es arrastrada en dirección del viento. La mar es gruesa.	
8	Temporal, viento duro	62-74	Olas altas con rompientes. La espuma es arrastrada en nubes blancas.	
9	Temporal fuerte, viento muy duro	75-87	Olas muy gruesas. La espuma es arrastrada en capas espesas. La mar empieza a rugir. Los rociones dificultan la visibilidad.	
10	Temporal duro	88-101	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. La superficie de la mar parece blanca. Visibilidad reducida. La mar ruge.	
11	Temporal muy duro, borrasca	102-117	Olas excepcionalmente grandes (los buques de mediano tonelaje se pierden de vista). Mar completamente blanca. Visibilidad muy reducida.	
12	Temporal huracanado	> de 118	El aire está lleno de espuma y de rociones. La visibilidad es casi nula.	

d. Estado del mar.

El estado del mar es un factor que habrá que tomar en consideración al decidir el uso de dispersantes, pues en caso de la “mar en clama”, será necesario utilizar agitación mecánica, y en los estados de “mar gruesa” y superiores se podrá aplicar siempre que no se hayan formado emulsiones estables “mousse de chocolate”.

En la tabla 4 se muestran las características del estado del mar (SEMARNAT, 2013).

Tabla 4. Escala de Douglas-Altura de las olas (Douglas, Henry Percy 1917).

Escala	Nombre	Altura en metros	Altura en pies
0	Calma o llana	0	0
1	Rizada	0 a 0.1	0 a 0.32
2	Marejadilla	0.1 a 0.5	0.32 a 1.64
3	Marejada	0.5 a 1.3	1.64 a 4.26
4	Fuerte marejada	1.3 a 2.5	4.10 a 8.20
5	Gruesa	2.5 a 4	8.20 a 13.12
6	Muy gruesa	4 a 6	13.12 a 19.68
7	Arbolada	6 a 9	19.68 a 29.52
8	Montañosa	9 a 14	29.52 a 45.93
9	Enorme	>14	> 45.93

e. Salinidad del agua.

La salinidad del agua influye en la dispersión. El porcentaje de salinidad de los océanos del mundo es de 3.5% de sales o 35 usp (unidad práctica de salinidad). La razón técnica por la que los dispersantes son más eficaces en el mar con una salinidad normal se debe al comportamiento de la cadena de polietoxilados en los tensoactivos no iónicos, que son algunos de los ingredientes activos en los dispersantes; éstos son afectados por la salinidad, y ésta deriva en una disminución en la eficacia de la mayoría de los agentes dispersantes a baja salinidad (SEMARNAT, 2013).

Algunos dispersantes se han desarrollado para ser eficaces en agua dulce y existen técnicas para hacer que un dispersante sea relativamente insensible, en cierta medida, a la salinidad. El valor exacto de la reducción de la eficacia del dispersante causada por una reducción en la salinidad del agua depende de varios factores, tales como la eficacia original del dispersante; el tipo de hidrocarburo, la temperatura y la marca del dispersante. La reducción en la eficacia del dispersante a baja salinidad es una proporción de la eficacia del dispersante en la salinidad normal del mar (SEMARNAT, 2013).

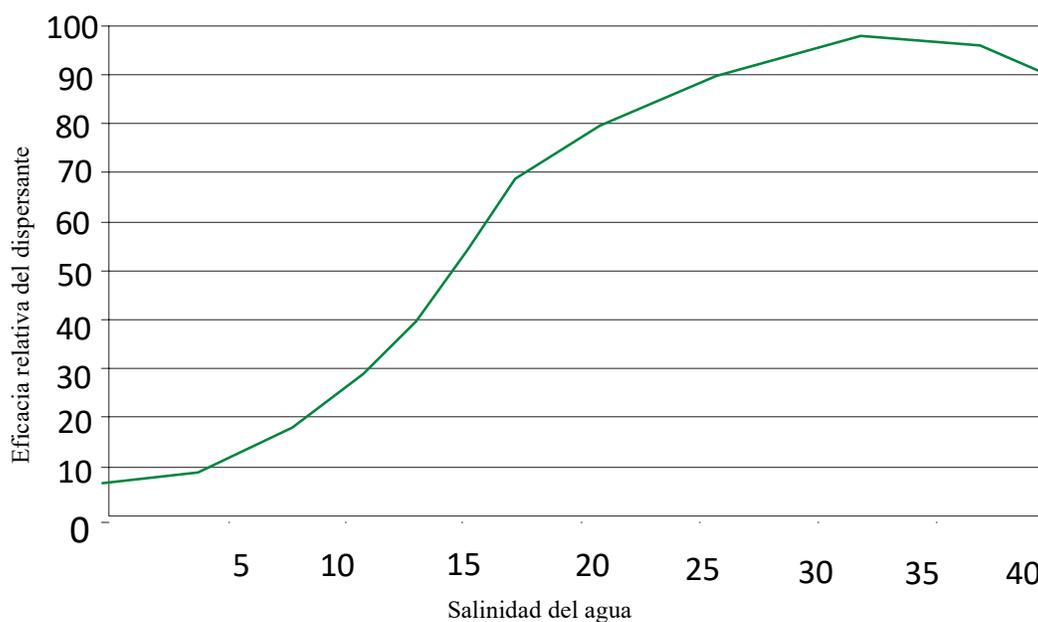


Figura 7. Relación de la eficacia relativa del dispersante con la salinidad del agua.

Fuente: European Maritime Safety Agency (2006).

2.3.9 Limitaciones de los dispersantes.

No se deberán aplicar dispersantes cuando:

- a) El hidrocarburo derramado tenga una gravedad específica menor a 17° (densidad mayor a 0.953 g/cm^3) y mayor a 45° API (SEMARNAT, 2013).
- b) El hidrocarburo derramado sea un hidrocarburo persistente (SEMARNAT, 2013).
- c) El hidrocarburo tenga más de 48 horas sobre la superficie del mar (SEMARNAT, 2013).

- d) La salinidad sea menor a 30% (SEMARNAT, 2013).
- e) No se debe aplicar el dispersante en zonas aledañas a:
 - ✓ Zonas marinas costeras protegidas.
 - ✓ Zonas de subsistencia de animales.
 - ✓ Ríos.
 - ✓ Áreas Arrecifes coralinos.

2.4. ANÁLISIS DE BENEFICIO AMBIENTAL NETO

El análisis de beneficio ambiental neto (ABAN) es un enfoque estructurado que utiliza la comunidad de respuesta y los grupos de interés durante la planificación de preparación y respuesta ante derrames de hidrocarburos para comparar los beneficios medioambientales de las posibles herramientas de respuesta y desarrollar una estrategia que reduzca el impacto de un derrame de hidrocarburos en el medio ambiente (IPIECA, 2015).

El ABAN es una de las consideraciones utilizadas para seleccionar las herramientas de respuesta para derrames que de manera efectiva eliminarán los hidrocarburos, serán viables para usarse en condiciones particulares y minimizarán el impacto del derrame sobre el medio ambiente (IPIECA, 2015).

Antes de la toma de decisiones se deben dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Son suficientes el despliegue oportuno y la eficacia de los equipos de respuesta mecánicos disponibles para mitigar los impactos del derrame? De no ser así, se aplican las siguientes preguntas (ARPEL, 2007):
2. ¿Es dispersable el hidrocarburo derramado? (ARPEL, 2007).
3. ¿Presenta el hidrocarburo derramado una amenaza para los recursos/sitios sensibles? (ARPEL, 2007).
4. ¿Permite el gobierno el uso de dispersantes? De ser así, ¿dónde se permite el uso? (ARPEL, 2007).
5. ¿Se dispone del suministro adecuado de dispersantes aprobados y el equipo de aplicación apropiado? (ARPEL, 2007).

6. ¿Es el estado del tiempo apropiado para la aplicación de dispersantes? (ARPEL, 2007).
7. ¿Qué tan lejos de la costa está ubicado el derrame? Si el derrame está lo suficientemente lejos de la costa, de modo tal que con las corrientes no ocurra una amenaza a la ribera, la mejor respuesta puede ser simplemente supervisar la mancha (ARPEL, 2007).
8. ¿Cuál es la profundidad del agua? ¿Es lo suficientemente profunda como para permitir que el hidrocarburo dispersado se mezcle adecuadamente con la columna de agua? Como norma básica, la altura habitual es de 10 metros o 30 pies (ARPEL, 2007).

2.4.1 Ejecución.

El ABAN se puede utilizar durante la planificación previa a un derrame y durante una respuesta:

El ABAN es una parte integral de proceso de planificación para contingencias, se utiliza para asegurar que la estrategia de respuesta para los escenarios de planificación esté bien realizada (IPIECA, 2015).

Durante una respuesta, el proceso de ABAN se utiliza para asegurarse de que se comprendan las condiciones cambiantes de forma que se pueda ajustar la estrategia de respuesta de la forma necesaria para gestionar las acciones de respuesta y los criterios de evaluación finales (IPIECA, 2015).

2.4.2 Planificación.

El proceso de ABAN tiene cuatro etapas:

- 1) Compilar y evaluar datos para identificar un escenario de exposición y las posibles opciones de respuesta y para comprender los posibles impactos de esa situación de un derrame (IPIECA, 2015).
- 2) Predecir los resultados para la situación dada, a fin de determinar cuáles técnicas son eficaces y viables (IPIECA, 2015).
- 3) Sopesar ventajas y desventajas al determinar una gama de beneficios ecológicos e inconvenientes resultantes de cada opción de respuesta

viable. En algunos países esto también incluye una evaluación de los beneficios y costos desde el punto de vista socioeconómico de cada opción de respuesta viable (IPIECA, 2015).

- 4) Selección de las mejores opciones de respuesta para la situación determinada, basado en cuál combinación de herramientas y técnicas podrán minimizar el impacto (IPIECA, 2015).

Varios grupos de interés participan en el proceso de ABAN, el cual se basa en la cooperación entre los gobiernos, la industria y las comunidades para garantizar que se tomen decisiones de respuesta informadas y que se tomen en cuenta todas las perspectivas y puntos de vista (IPIECA, 2015).

Las líneas de comunicación abiertas, la toma de decisiones transparente, la claridad de las políticas y las expectativas realistas de los resultados de la respuesta son elementos clave para una planificación y ejecución exitosas de la preparación y la respuesta ante derrames de hidrocarburos (IPIECA, 2015).

a. Compilar y evaluar datos.

La información recopilada durante esta etapa brinda información acerca de todas las consideraciones posteriores. La obtención de datos de alta calidad reduce las suposiciones y ofrece mayor confianza en la selección y la optimización de las opciones de respuesta (IPIECA, 2015).

Los datos se vinculan directamente con los escenarios de planificación que se hayan considerado, e incluyen lo siguiente (IPIECA, 2015):

✓ Propiedades del hidrocarburo.

Para los escenarios empleados en la planificación para contingencias por derrames de hidrocarburos, se pueden considerar una variedad de hidrocarburos. Las propiedades del hidrocarburo de interés particular son aquellas que se pueden utilizar para estimar el envejecimiento (por ejemplo, evaporación, dispersión natural, emulsificación) y que influyen en su toxicidad potencial. Cuando hay disponible una muestra del hidrocarburo, la prueba de laboratorio

puede cuantificar los parámetros clave, que se pueden usar a continuación en los modelos predictivos.

Cuando no hay disponible una muestra del hidrocarburo, o si existe incertidumbre acerca de los parámetros, las propiedades de una serie de posibles fuentes de hidrocarburos se pueden utilizar en la planificación para informar la selección de un hidrocarburo análogo adecuado para usarse en el modelado del derrame de hidrocarburos. Durante un derrame, estas suposiciones se actualizarían para reflejar las propiedades del hidrocarburo que en realidad se esté vertiendo (IPIECA, 2015).

✓ *Modelado de la trayectoria del derrame de hidrocarburos.*

Los modelos de derrames de hidrocarburos ofrecen predicciones acerca de la forma en que un hidrocarburo de propiedades conocidas se puede comportar al verterse en el medio ambiente, basándose en los parámetros de entrada, los patrones climáticos, las corrientes del agua y otros datos. Los modelos de derrames de hidrocarburos se utilizan para predecir las áreas geográficas que pueden verse afectadas en un escenario de un derrame determinado y desarrollar un plan de respuesta al derrame que aborde esa situación. Si ocurre un derrame, el modelo se debe actualizar para reflejar el clima, el agua y otras condiciones que se encuentren durante el impacto (IPIECA, 2015).

✓ *Datos de sensibilidad.*

Como apoyo para el proceso de ABAN, los mapas de sensibilidad ofrecen la base para una evaluación de aquellos recursos que pueden verse afectados por la trayectoria del derrame (IPIECA, 2015).

Los mapas de sensibilidad deben incluir:

1. Información de referencia tal como el contorno de la costa y la profundidad batimétrica, ríos y lagos, ciudades y pueblos, límites administrativos, nombres de lugares y carreteras, vías férreas e infraestructura principal (IPIECA, 2015).
2. Tipos de costas y su sensibilidad medioambiental general ante un derrame de hidrocarburos; se pueden clasificar los diferentes tipos de

costas usando los principios básicos de que la sensibilidad a los hidrocarburos se incrementa con (IPIECA, 2015):

- Elevar la seguridad de la zona costera contra la actividad de las olas.
- Introducción de los hidrocarburos en los sedimentos.
- Período de retención del hidrocarburo en el área costera.
- Productividad biológica de los hábitats.

Generalmente, las costas menos sensibles son los cabos rocosos expuestos, y las más sensibles son las marismas protegidas y los manglares. Los hábitats afectados por infiltraciones naturales de hidrocarburo pueden ser menos sensibles (IPIECA, 2015).

Un índice formal de sensibilidad se puede adoptar para representar el relativo significado potencial de las áreas sensibles de las costas. Por ejemplo, el Índice de sensibilidad medioambiental (ESI, por sus siglas en inglés) de la NOAA ofrece una base de clasificación reconocida de 1 (baja sensibilidad) a 10 (muy alta sensibilidad), la cual integra (IPIECA, 2015):

- El tipo de costa (tamaño del grano, pendiente, etc.) que determina la capacidad de penetración del hidrocarburo y/o la posibilidad de enterrarlo en la costa y el movimiento (IPIECA, 2015).
- La exposición a la energía de las olas (y de las mareas) que determina el tiempo de persistencia natural del hidrocarburo en la costa (IPIECA, 2015).
- La relativa productividad biológica general y la sensibilidad (IPIECA, 2015).

3. Los ecosistemas, los hábitats y las especies sensibles y los recursos naturales clave como los arrecifes de coral, los lechos de pastos marinos y algas y la fauna silvestre como las tortugas, las aves y los mamíferos (IPIECA, 2015).

4. Recursos sensibles que tienen valor comercial o recreativo, por ejemplo, áreas de pesca, lechos de mariscos, áreas de criaderos de peces y

crustáceos, trampas de peces e instalaciones de acuicultura. Otras características incluyen instalaciones para embarcaciones como muelles y varaderos, tomas de agua industrial, recursos recreativos como balnearios y sitios de significado cultural o histórico (IPIECA, 2015).

✓ *Identificación de las posibles opciones de respuesta.*

Durante esta fase del análisis, se realiza una identificación de las posibles opciones de respuesta. Esto inicia con la evaluación de todas las opciones de respuesta aplicables y la selección previa de aquellas para considerarse posteriormente en las siguientes etapas del proceso (IPIECA, 2015).

Los factores que se deben considerar durante este proceso de evaluación y selección previa incluyen (IPIECA, 2015):

- Eficacia: ¿qué herramientas y técnicas de respuesta lograrán los resultados deseados? (IPIECA, 2015).
- Viabilidad: ¿qué herramientas y técnicas de respuesta son viables y seguras, dadas las condiciones climáticas y operativas previstas? (IPIECA, 2015).
- Regulaciones: ¿qué herramientas y técnicas están permitidas dentro del marco reglamentario? (IPIECA, 2015).

Los resultados del modelado, la información acerca de la sensibilidad y las opciones de respuesta se evalúan en la segunda etapa del proceso de ABAN: predicción de los resultados (IPIECA, 2015).

b. Predecir los resultados.

En esta etapa, los planificadores y el personal de respuesta evalúan los posibles resultados usando la información compilada en la etapa uno para revisar las posibles trayectorias del derrame y los recursos medioambientales que podrían verse afectados en un escenario de derrame en el que no se aplica ninguna actividad de respuesta. A continuación, se considera la forma en que las diferentes combinaciones de opciones de respuesta pueden cambiar estos

impactos, para permitir caracterizar y sopesar las ventajas y desventajas en la siguiente etapa del proceso (IPIECA, 2015).

Los impactos sobre el medio ambiente se pueden agrupar ampliamente en impactos ecológicos, que son evaluados en todas las formas de ABAN, y los impactos y costos socioeconómicos que también pueden ser evaluados en algunos países que utilizan un ABAN extendido. El segundo vínculo reconoce la relación entre el medio ambiente natural y el humano, por ejemplo, al considerar si el posible impacto de un derrame de hidrocarburos en las poblaciones de peces es posible que afecte a las personas que se dedican a la pesca, incluyendo la pesca de subsistencia, recreativa y comercial (IPIECA, 2015).

Ambos permiten caracterizar los impactos de tal forma que las ventajas y desventajas toman en consideración todos los aspectos y las opciones de respuesta se pueden seleccionar en una visión integral del mayor beneficio ambiental neto general (IPIECA, 2015).

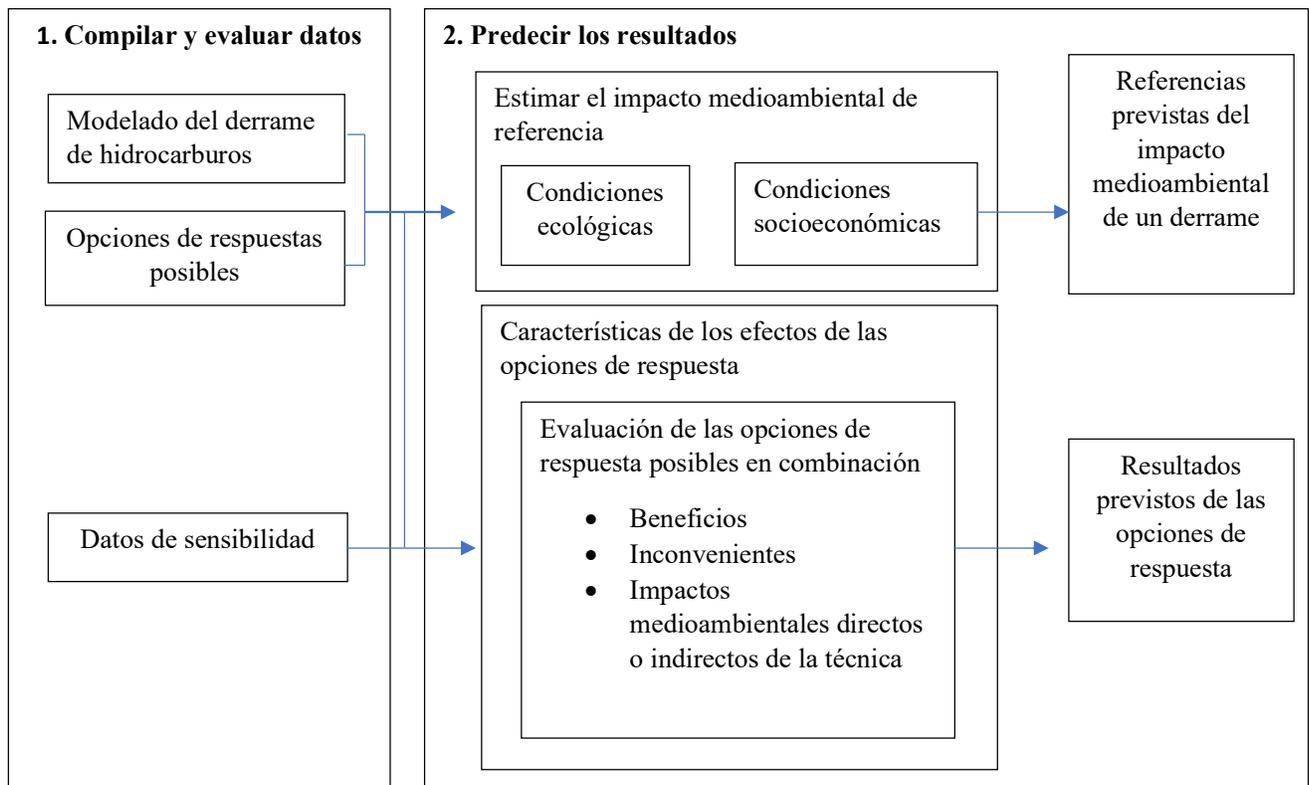


Figura 8. Proceso del ABAN.

Fuente: Elaborado por los autores.

La figura 8 ilustra la forma en que los datos de la etapa 1 del ABAN informan a la etapa dos del ABAN cuando los beneficios socioeconómicos y las desventajas están incluidos en el análisis. Este proceso se puede adaptar para usarse en países que no incluyen los factores socioeconómicos en su ABAN (IPIECA, 2015).

c. Sopesar ventajas y desventajas.

La etapa tres del ABAN requiere que el conjunto de grupos de interés llegue a un consenso acerca de la relativa prioridad de las sensibilidades medioambientales y comprendan, sopesen y acepten las ventajas y desventajas inherentes a las técnicas de respuesta disponibles. Este entendimiento común informa a la etapa final del proceso, en la cual se selecciona la estrategia de respuesta óptima para lograr el mayor beneficio medioambiental neto (IPIECA, 2015).

Lo ideal de cualquier estrategia de respuesta sería evitar todos los impactos negativos; desafortunadamente, esto en general no es generalmente en la práctica. Ningún escenario de dos derrames de hidrocarburos será igual debido a la variación de los hidrocarburos, las ubicaciones, las sensibilidades medioambientales y socioeconómicas y a otras condiciones operativas como el clima, la logística y los aspectos jurídicos (IPIECA, 2015).

Los debates acerca de sopesar las ventajas y desventajas necesariamente requieren un compromiso entre las partes. Por este motivo, la identificación y la participación de los principales grupos de interés y la presentación clara de los hechos (incluidas las suposiciones e incertidumbres) son importantes para permitir que estas complejas discusiones se realicen (IPIECA, 2015).

Un ejemplo simplificado de dichos debates acerca de las ventajas y desventajas para un escenario de un derrame de hidrocarburos en el mar sería el debate que se realiza respecto del uso de dispersantes para tratar el hidrocarburo flotante hacia aguas cercanas a la superficie, donde se deben sopesar los posibles impactos a los organismos acuáticos expuestos contra los posibles impactos a largo plazo en los hábitats y comunidades de la costa en caso de no dispersarse el hidrocarburo. El escenario de planificación dictará lo que se necesite

realmente considerar y el grado al cual los debates de las ventajas y desventajas necesitar lograr (IPIECA, 2015).

d. Seleccionar las mejores opciones.

En esta etapa, se toman en cuenta los datos, los puntos de vista y las ventajas y desventajas para seleccionar la estrategia de respuesta óptima para el escenario de planificación y el impacto prevaeciente (IPIECA, 2015).

Antes de un derrame, se definen las estrategias de respuesta para cada uno de los escenarios de planificación y se diseñan y desarrollan las capacidades de respuesta en consecuencia. Estas capacidades pueden incluir planes detallados, personal de respuesta competente, acopio de equipos, contratos con organizaciones de respuesta para derrames de hidrocarburos y obtener permisos para técnicas de respuesta específicas a implementarse (IPIECA, 2015).

Durante un derrame, esta etapa del proceso de ABAN apoya la implementación y el ajuste de los recursos de la respuesta a medida que cambian las condiciones y apoya las decisiones acerca de cuándo se hayan logrado la respuesta y los criterios de valoración finales (IPIECA, 2015).

Optimizar la estrategia de respuesta El objetivo principal de la planificación y la ejecución de una respuesta es implementar esas técnicas que, en cualquier momento, tengan el mayor beneficio neto (IPIECA, 2015).

El ABAN se aplica antes y durante un derrame para ayudar en la selección y optimización de las opciones de respuesta. Independientemente de en cuál etapa del derrame se emplee, el proceso de ABAN no cambia (IPIECA, 2015).

- Antes de un derrame, permite a las partes identificar los posibles escenarios costa afuera, cerca de la costa, en la costa o en tierra. La selección de las opciones de respuesta varía en función de dónde ocurra el derrame de hidrocarburos (IPIECA, 2015).

- Durante la fase de planificación para contingencias, el ABAN se usa para identificar y acordar las estrategias de respuesta para cada escenario seleccionado (IPIECA, 2015).
- Durante un derrame, permite validar y ajustar estas estrategias a medida que las condiciones evolucionan (IPIECA, 2015).

La Figura 9 ilustra el proceso de desarrollo de una estrategia de respuesta usando un ABAN que incluye la evaluación de los beneficios y los costos socioeconómicos. Este se puede adaptar para usarse en países que no incluyen los factores socioeconómicos en su proceso de ABAN (IPIECA, 2015).

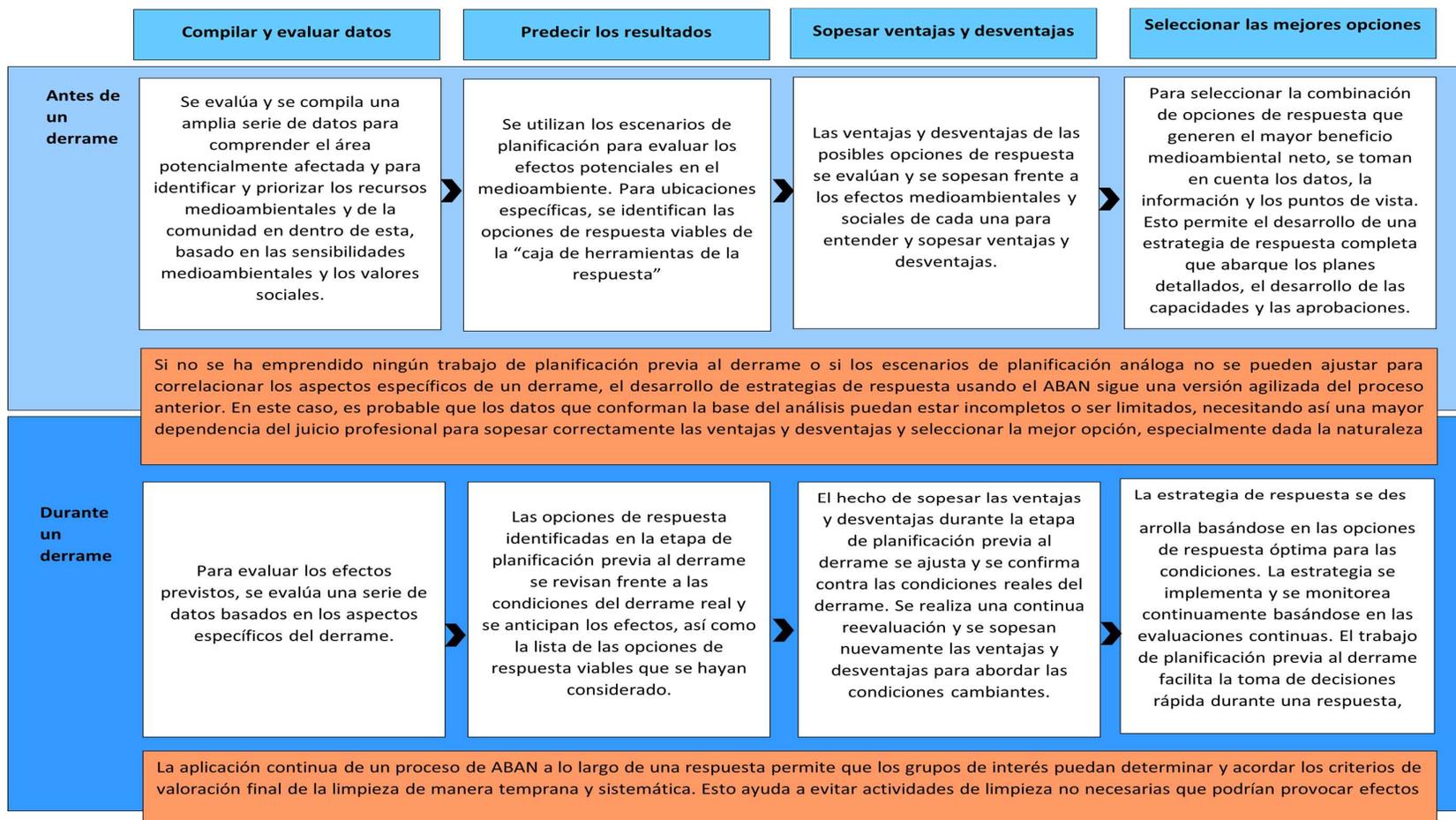


Figura 9. Planificación de estrategias mediante un ABAN

Fuente: Elaborado por los autores.

2.4.3 Condiciones.

Las dos claves para realizar un ABAN con éxito son:

Primero, basar la decisión en cuál es la mejor estrategia de respuesta para un lugar específico, centrándose en las inquietudes locales y regionales. Los datos recopilados para realizar el ABAN deben concentrarse en lo que está en juego a nivel local (ARPEL, 2007).

En segundo lugar, el ABAN no puede realizarse después de ocurrido un derrame, ya que la recopilación y evaluación de datos puede requerir algún tiempo. El ABAN debe realizarse como parte del proceso previo a la planificación de las respuestas a derrames de hidrocarburos, y los resultados y otra información deben quedar registrados en el plan de contingencia de la instalación y/o regional (ARPEL, 2007).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SENSIBLES

Se realizó una evaluación de la zona costera de la península, donde se determinaron las zonas de mayor y menor riesgo, dependiendo de la especie que habita, la estructura del área y cómo se la utiliza.

3.1.1. Determinar el alcance.

En caso de un derrame en SUINLI, se vería afectado el cantón salinas, dependiendo de la magnitud del derrame y de las condiciones ambientales como marea y viento, los cuales son factores fundamentales para saber hacia dónde se dirige la mancha.

3.1.2. Identificar los usuarios y sus necesidades.

Con este mapa de sensibilidad se podrá predecir qué tan grave sería el daño en la zona costera de la península en caso de un derrame que no sea controlado a tiempo y así determinar cuáles son las medidas ambientales en las que se tiene que trabajar.

3.1.3. Reunir datos necesarios.

a. *Área costera de Salinas.*

- ✓ En el cantón Salinas se encontró presencia de zonas muy turísticas, en donde se notó la presencia de peces y aves.
- ✓ Zonas pesqueras en donde se realiza esta actividad como medio para subsistir como es el caso de Santa Rosa y debido a los desperdicios se acumulan aves de distinto tipo.

- ✓ En el área protegida de la Lobería encontramos lobos marinos es su hábitat natural.
- ✓ En el área de la Chocolatera llegan las ballenas a aparearse y junto a esto llegan surfista todo el año.

b. Área costera de La Libertad.

- ✓ Encontramos zonas de pesca como actividad de subsistencia junto al malecón de La Libertad.
- ✓ Se identificó áreas de pesca recreacional en el malecón de la Libertad.
- ✓ Zonas muy turísticas como lo es el malecón de la Libertad.
- ✓ Un muelle perteneciente a PETROECUADOR.
- ✓ La refinería ubicada a pocos metros de la playa.

3.1.4. Establecer colores para cada estructura.

Los colores se utilizan para describir formaciones terrestres, cuerpos de agua y para identificar varias clases de riberas, áreas/hábitats biológicos críticos, y otras áreas importantes. La tabla detalla los colores utilizados por el sistema ISA de la NOAA (ARPEL A. r., 1997).

Tabla 5. Códigos de las estructuras en la zona costera de La Libertad y Salinas.

Códigos y patrones		
ISA	Descripción de la zona	Color
1	<ul style="list-style-type: none"> • Acantilados rocosos expuestos • Diques marítimos verticales expuestos (hormigón/madera/metal) 	Verde claro
2	<ul style="list-style-type: none"> • Plataformas expuestas y talladas por las olas en lechos de piedra 	Verde oscuro
3	<ul style="list-style-type: none"> • Playas de arena de grano muy fino • Playas de arena de grano fino a medio 	Naranja claro Gris granito
4	<ul style="list-style-type: none"> • Playas de arena de grano grueso 	Morado y blanco
5	<ul style="list-style-type: none"> • Playas con mezcla de arena y grava 	Azul verdoso
6	<ul style="list-style-type: none"> • Costas rocosas protegidas impermeables • Pendientes rocosas protegidas semipermeables • Estructuras protegidas hechas por el hombre 	Amarillo Amarillo naranja

Fuente: Elaborado por los autores.

3.1.5. Establecer los símbolos que representan a las especies vivas.

Tabla 6. Símbolos de identificación de los recursos biológicos en las zonas costeras.

Símbolos de los recursos biológicos	
Grupo	Símbolo
Mamíferos marinos	
<ul style="list-style-type: none"> • Ballenas • Delfines • Lobos marinos 	
Peces	
Aves	
<ul style="list-style-type: none"> • Aves acuáticas • Aves del litoral • Gaviotas 	
Moluscos	
<ul style="list-style-type: none"> • Ostras/mejillones/ • almejas/concha • Clamares/pulpos 	
Crustáceos	
<ul style="list-style-type: none"> • Camarones • Cangrejos • Langostas 	
Reptiles	
<ul style="list-style-type: none"> • Tortugas marinas 	

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 7. Símbolos establecidos para identificar los recursos humanos en la zona costera.

Símbolos de los recursos de uso humano		
Grupo	Símbolo	
Recreación		
<ul style="list-style-type: none"> • Playas • Marina • Áreas de recreación 		
		
Recursos		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesca de subsistencia • Pesca recreacional 		

Fuente: Elaborado por los autores.

3.1.6. Representación de sensibilidad.

Para representar la sensibilidad se trabajó con puntos colocados junto al área sensible teniendo en cuenta no topar la estructura para que quede bien definido el tipo de área que se estudia.

Se escogió tres colores para representar el grado de sensibilidad:

- Rojo: Muy sensible.
- Verde: Medio sensible.
- Azules: No sensible.

3.2. ESCENARIOS DE CONTAMINACIÓN

Dentro del terminal petrolero existen distintas áreas donde hay riesgo de derrame o contaminación por hidrocarburo, sin embargo, en este trabajo se tomaron puntos de referencia que cumplan con los parámetros para el uso de dispersantes como una profundidad de 10 a 20 metros y que existan vientos mayores a 3 en la escala de Beaufort, estos son:

3.2.1. Fondeadero internacional.

Ubicado aproximadamente a 7500 metros o 4,66 millas de la zona costera de La Libertad, lugar donde llegan los buques internacionales a realizar

distintas maniobras y la más común es la de abastecerse de combustible para su propio uso (BOC).

Se seleccionó un mapa del sitio web marine traffic donde se muestra el tráfico marino en el estado actual.



Figura 10. Ubicación del fondeadero internacional.
Fuente: Sitio web marine traffic editado por los autores.

3.2.2. Monoboya.

Tiene una profundidad de 14 metros y se encuentra ubicado aproximadamente a 5500 metros o 3,41 millas de la zona costera de La Libertad, donde circula generalmente petróleo oriente y fuel oil.

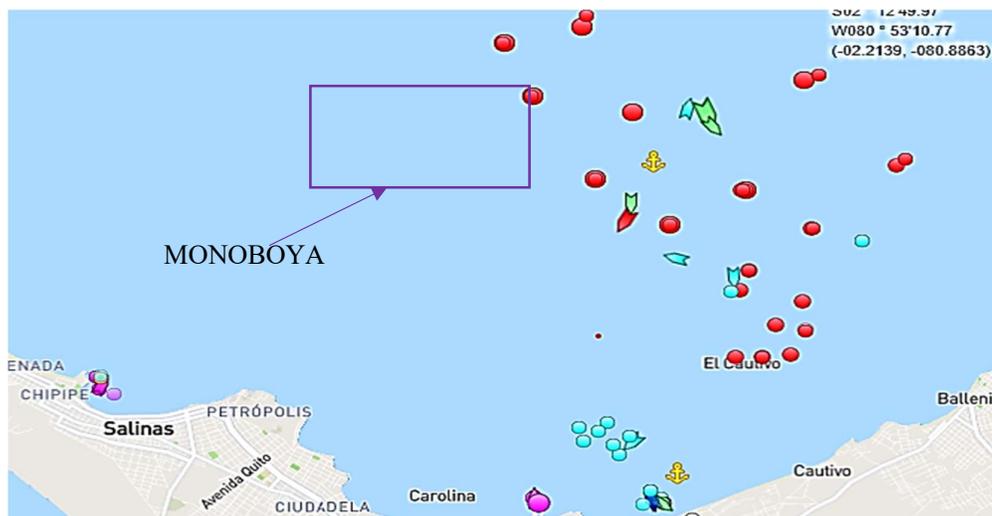


Figura 11. Ubicación de la monoboya.

Fuente: Sitio web marine traffic editado por los autores.

3.2.3. Boyas internacionales.

Esta obra portuaria de SUINLI se encuentra a 4500 metros o 2,7 millas de la zona costera, cuenta con una profundidad promedio de 11,40 metros.

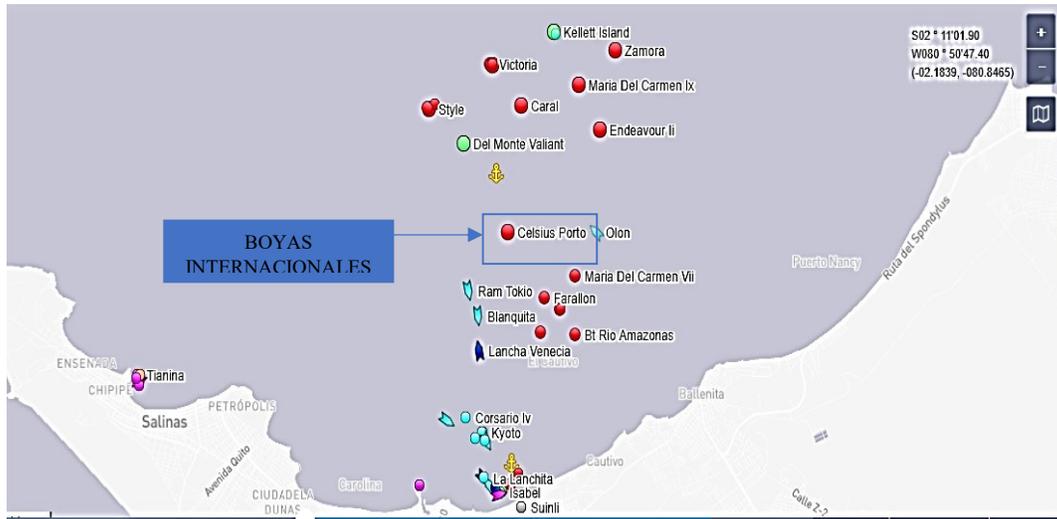


Figura 12. Ubicación de las boyas internacionales.

Fuente: Sitio web marine traffic editado por los autores.

3.3. TIEMPOS DE RESPUESTA ANTE UN DERRAME

Frente a un problema de contaminación por hidrocarburos lo primordial es la reducción de los tiempos que toma solucionar y remediar el impacto negativo, con esa finalidad se determinó establecer rangos de distancia y dirección probable que tome el vertido.

3.3.1. Cálculo de trayectoria de la mancha.

Una vez determinado el punto donde existe riesgo de un derrame o contaminación, se identifican sus coordenadas geográficas.

Se utilizó el software de cálculo de trayectoria de la mancha Responder Tool kit, para identificar la dirección que llevará la mancha de hidrocarburos y así dispersarla, en caso de que la mancha no se pueda limpiar a tiempo se busca predecir el punto de la costa que afectaría y planificar las medidas a tomar.

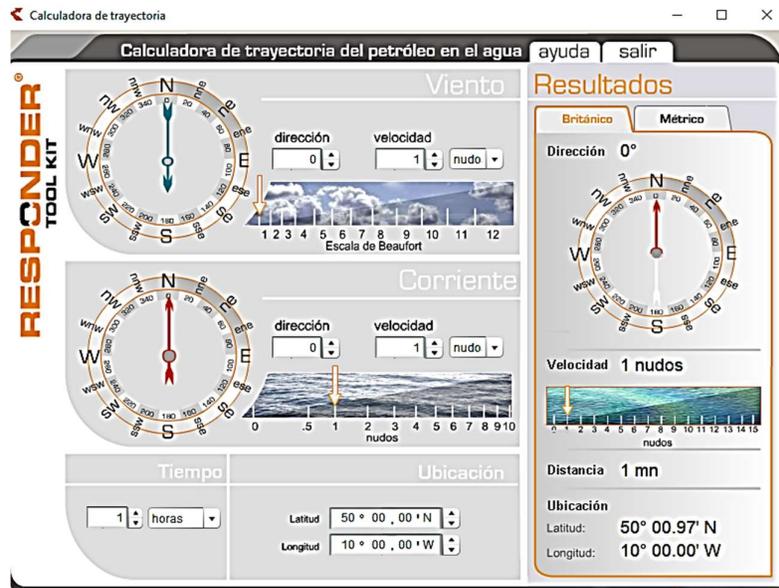


Figura 13. Interfaz del software Responder Tool kit.

Para determinar la trayectoria que seguirá la mancha se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se identifican las coordenadas geográficas del punto exacto en el lugar del derrame a través del sitio web marine traffic.
 - Fondeadero internacional: 2°09'16.92"S 80°54'00.21"W
 - Monoboya: 2°10'39.05"S 80°55'53.30"W
 - Boyas internacionales: 2°10'43.99"S 80°53'35.49"W

2. Obtenemos los datos de la dirección y velocidad del viento del marine traffic. Se tomó un dato constante de velocidad del viento de 10 nudos o 5.14 m/s y dirección de 244 grado para el mes de julio, esto debido a que las variaciones de este se dan a lo largo de varios kilómetros y se escogió un valor promedio.

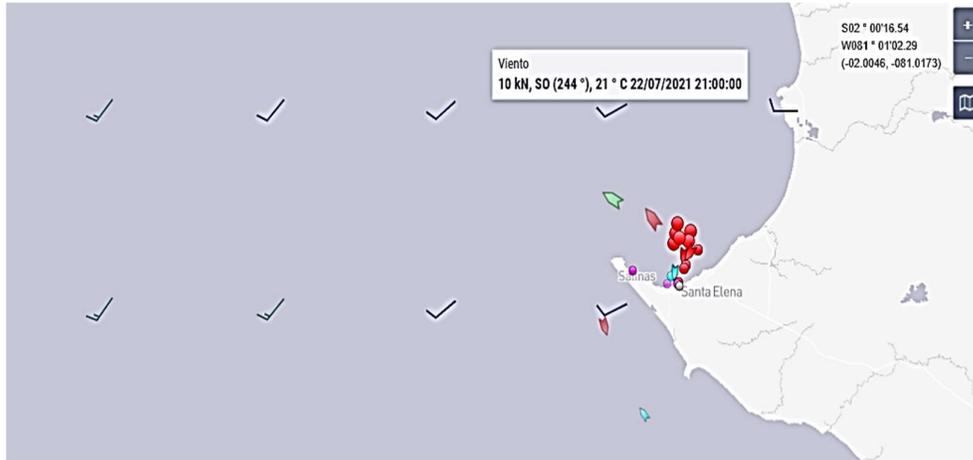


Figura 14. Identificación de los datos de dirección y velocidad del viento.
Fuente: Sitio web marine traffic.

- Se identifica la dirección y velocidad de la corriente a través de mapas de corriente a lo largo del año en altamar y bajamar. Tomamos el mapa del mes actual en este caso julio de 2021.

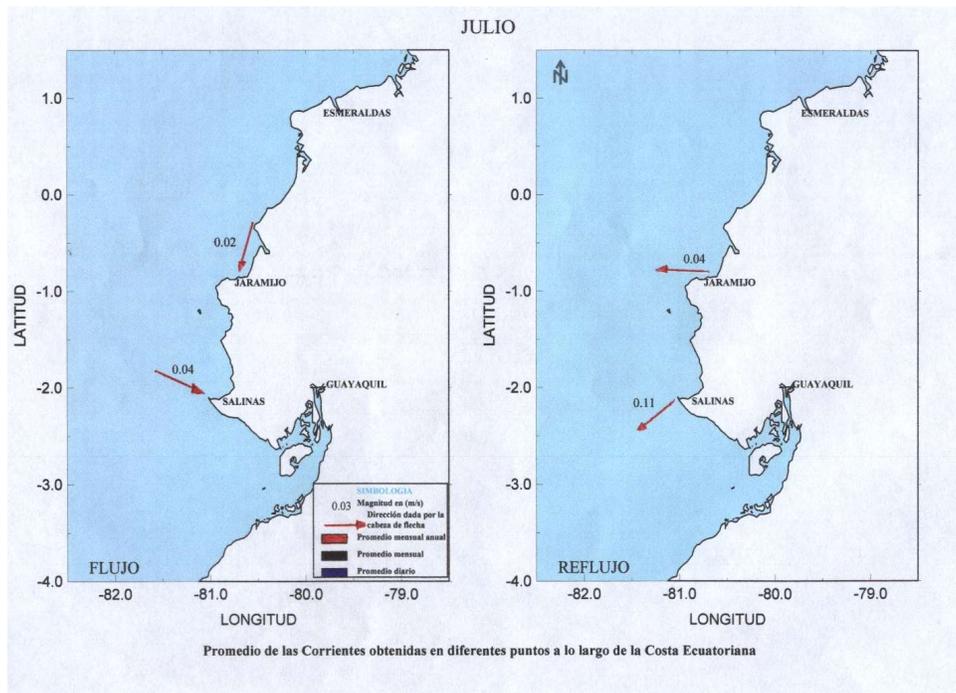


Figura 15. Mapa de identificación de velocidad y dirección de la corriente
Fuente: INOCAR.

- Para los datos de flujo se muestra una velocidad promedio de corriente del mes de julio de 0,04 m/s con dirección sureste.

- Para los datos de reflujo se muestra una velocidad de corriente promedio de 0.1 m/s con dirección noroeste.
4. Ingresamos los datos al software teniendo en cuenta que se deben hacer cada hora para tener más precisión. Desde la coordenada inicial la mancha se movió 200 metros hacia el noroeste con una velocidad de 0,1 m/s después de una hora de producido el derrame, lo que indica que se está alejando de la costa y se adentra en el océano, lo cual significa que no representa un peligro para la zona costera de la península de Santa Elena.

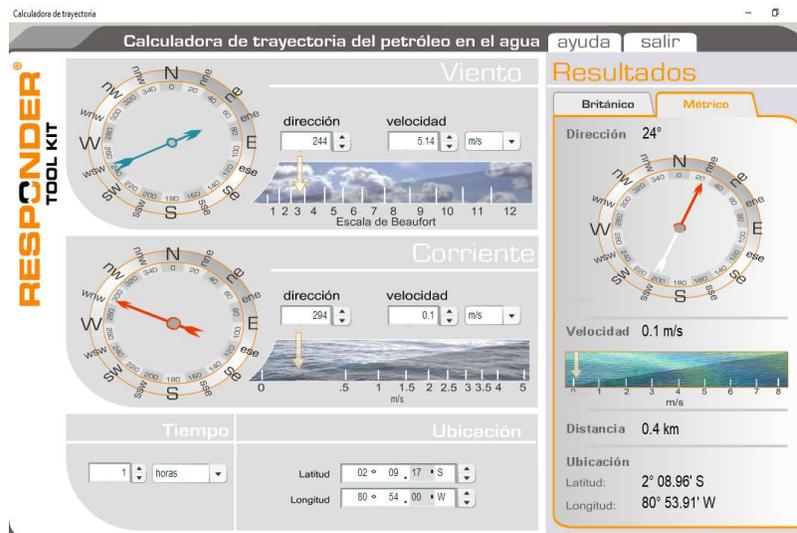


Figura 16. Identificación de los datos de dirección y velocidad del viento.

5. Se procede a colocar las nuevas coordenadas con las mismas condiciones de viento y corriente para obtener la nueva coordenada después de 10 horas.

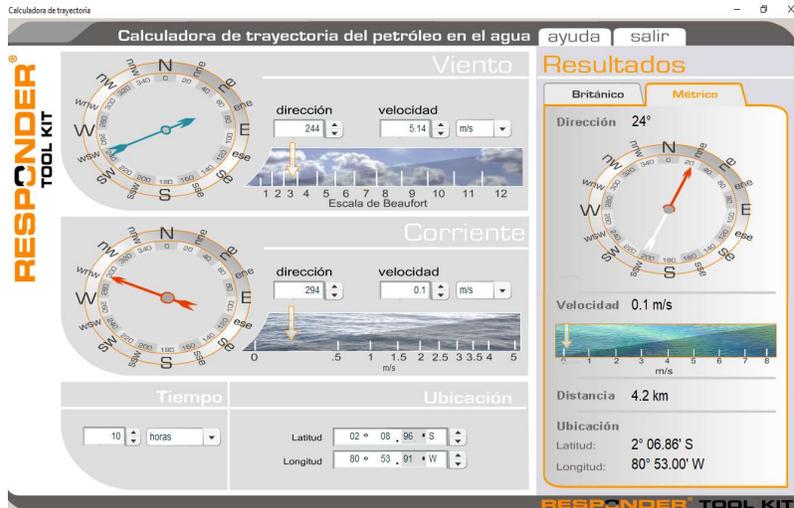


Figura 17. Resultados de las nuevas coordenadas de ubicación de la mancha.

6. Se traza el punto de la nueva ubicación de la mancha después de una hora y se repiten los pasos hasta identificar el punto en la costa que afectará. Se observa que la trayectoria de la mancha va hacia costa afuera.



Figura 18. Nuevo punto de ubicación de la mancha.
Fuente: Marine Traffic.

3.4. SELECCIÓN DE LOS DISPERSANTES

La selección de los dispersantes de petróleo es la parte primordial para comenzar la parte experimental del proyecto, al ser realizado en las instalaciones de SUINLI se trabajó con dos de los dispersantes utilizados por esta entidad que son comercializados en el mercado ecuatoriano, estos son el seacare citrus y HD 865 plus, ya que el oil spill no es comercializado actualmente.

Estos dispersantes cuentan con el permiso de comercialización de la Dirección General de la Marina Mercante (DIGMER), son elaborados por las empresas ROCHEM del Ecuador S.A y BIOOMA S.A, las mismas que nos facilitaron las fichas técnicas y de seguridad para las respectivas pruebas de sus productos.

En la tabla 8, se muestran las características técnicas de los dispersantes utilizados, en función de las fichas técnicas de cada uno de ellos.

Tabla 8. Características de los dispersantes.

Seacare citrus	HD 865 plus
Base acuosa y cítricos	Bases sinérgicas de bacterias petroleolínicas.
Solventes no tóxicos	Solventes no tóxicos.

Fuente: Elaborado por los autores.

3.5. PRUEBA DE EFICACIA DE LOS DISPERSANTES

Equipos utilizados para medir la eficacia de los dispersantes:

- Dispersante seacare citrus
- Dispersante HD 865 plus
- Agua
- Petróleo
- Diésel
- Envases de plástico redondos
- Pipetas de vidrio medida en ml
- Termómetro
- Auxiliar de macro pipeteador (0,1-100 ml)

- Balanza
- Probeta
- Medidor de sólidos disueltos (SDT)
- Indicadores de pH

3.5.1. Propiedades de los hidrocarburos.

La selección de los contaminantes es importante en este análisis ya que se quiere determinar bajo qué condiciones trabajan mejor los dispersantes. Se escogió dos tipos, petróleo crudo de una muestra dentro del terminal petrolero y un derivado de API alto como lo es el diésel.

Para determinar las propiedades físico- químicas de los hidrocarburos se utilizaron los siguientes métodos:

- Por medio de un hidrómetro bajo la norma ASTM D 1298, INEN 684 se determinó la gravedad específica del petróleo crudo y del diésel, los resultados se determinan a 60 F o se convierten a esta temperatura por medio de las tablas de corrección ASTM IP.
- Determinación del potencial de hidrógeno.
- Viscosidad cinemática bajo la norma ASTM D 445, INEN 810.

3.5.2. Procedimiento para la determinar la eficacia.

Para realizar esta evaluación se utilizaron las instalaciones del departamento de Control de contaminación e inspección (CCI) de la Superintendencia del terminal petrolero de La Libertad.

Para validar la eficacia de los dispersantes se realiza la combinación de los dispersantes seacare citrus y HD 865 plus con los hidrocarburos (diésel/ petróleo), para mediante la medición del volumen del hidrocarburo dispersado y el volumen del dispersante utilizado evaluar su calidad de dispersión.

Los pasos empleados para el desarrollo de este análisis se detallan a continuación:

1. En 2 recipientes redondos de 5 litros, colocar 4 litros de agua y esperar unos minutos para que se estabilice.



2. Medir parámetros del agua como: pH, temperatura del agua y STD.



3. Colocar distintas muestras de petróleo/diésel (15 ml, 30 ml, 45 ml, 60 ml, 65 ml, 80 ml, 95 ml, 110 ml, 125 ml, 140 ml) en los recipientes con agua para proceder a pesarlas en la balanza.



- Cubrir de manera homogénea esparciendo el petróleo/diésel en el recipiente.



- Colocar una gota de cada dispersante en los distintos recipientes con la mezcla (hidrocarburo y agua).
- Esperar hasta el que dispersante haga su función en el hidrocarburo.



3.5.3. Realización de la prueba de eficacia.

Se realizaron las pruebas en la superintendencia del terminal petróleo en la ciudad de La Libertad durante los meses de junio, julio y agosto del 2021.

Se utilizaron los dispersantes seacare citrus y HD 865 plus, con características líquidas, no inflamables. Se procedió a pesar los hidrocarburos (diésel/petróleo) en distintas concentraciones, para luego proceder a colocarlas en distintos recipientes de plásticos con un volumen de 4 litros de agua cada uno. Se pesa la mezcla, para posteriormente al colocar el dispersante por gota esperar a que éste cumpla su función.

3.6. IMPACTO AMBIENTAL

3.6.1. Valoración de Impactos Ambientales.

Establecidas las interacciones entre componentes ambientales y actividades del proyecto, se procede a dar una valoración a los mismos, utilizando índices de impacto ambiental que mediante la metodología de Criterios Relevantes Integrados (CRI) (Buroz, 1994).

Tabla 9. Criterios para valorar los impactos ambientales.

PARÁMETRO	CRITERIO	ESCALA		VALOR
Intensidad del impacto (I)	Hace referencia al grado de impacto que genera un contaminante y altera a un determinado compuesto del medio ambiente relacionándolo con su grado de sensibilidad, se le asigna un valor según el grado del cambio sufrido.	Alto		7-9
		Medio		4-6
		Bajo		1-3
Extensión o influencia espacial (E)	Identifica la zona geográfica que en teoría sería afectada por un impacto, el porcentaje del área afectada es con respecto a todo el entorno.	Regional		10
		Local		5
		Puntual		2
Duración (D)	Hace referencia al lapso de tiempo en que permanecerá el efecto, desde su aparición.	>10años	Largo	10
		5-10 años	Mediano	5
		(0-5 años	Corto	2

Fuente: Criterios Relevantes Integrados, Buroz 1994.

a. Determinación de la Magnitud del Impacto

$$Ma = (I \cdot WI) + (E \cdot WE) + (D \cdot WD) \quad (1)$$

Donde:

- Ma: Valor calculado de la magnitud del impacto ambiental.
- I: Valor del criterio de intensidad del impacto.
- WI: Peso del criterio de intensidad.
- D: Valor del criterio de duración del impacto.
- WD: Peso del criterio de duración del impacto.
- E: Valor del criterio de extensión del impacto.
- WE: Peso del criterio de extensión.

Para el presente caso se propuso los siguientes valores para los pesos de ponderación.

- Peso del criterio de intensidad (WI): 0.40
- Peso del criterio de extensión (WE): 0.40
- Peso del criterio de duración (WD): 0.20

Se debe cumplir que:

$$WI + WE + WD = 1 \quad (2)$$

Al valor final de la magnitud no se le asigna no se coloca signo si es de carácter benéfico y se le coloca el signo negativo si el impacto evaluado cualitativamente es de carácter desfavorable.

b. Determinación del valor de índice ambiental (VIA).

El valor de índice ambiental se evalúa dependiendo de las características del daño.

Tabla 10. Criterios para valorar los impactos

PARÁMETRO	CRITERIO	ESCALA	VALOR	
Reversible (R)	Se refiere a la probabilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de regresar a las condiciones iniciales.	Irreversible	Baja o irrecuperable El impacto puede ser recuperable a muy largo plazo (>30 años) y a elevados costos	10
		Parcialmente reversible	Media (Impacto reversible a largo y mediano plazo)	9
		Reversible	Alta (Impacto reversible de forma inmediata o a corto plazo)	5
				2
Incidencia (G)	Se refiere a la posibilidad de que se vea afectado un factor ambiental por determinada actividad	Alta		10
		Media		5
		Baja		2

Fuente: Criterios Relevantes Integrados, Buroz 1994.

c. Índice ambiental

$$VIA = (R_i^{X_r} * G_i^{X_G} * M_i^{X_m}) \quad (3)$$

- XM: Peso del criterio de magnitud = 0,61
- XR: Peso del criterio de reversibilidad = 0,22
- XG: Peso del criterio de incidencia = 0,17

3.6.2. Dictamen de impactos ambientales.

El dictamen de impactos ambientales puede establecerse en cuatro resultados, según el Instituto Geológico y Minero de España. Estos son:

- Compatible: la recuperación a su condición inicial es inmediata luego de ocurrir la acción. En muchas ocasiones no se necesitan de actividades correctoras.

$$2.00 < VIA < 3.99 \quad (4)$$

- Moderado: se necesita de cierto período de tiempo para que se recupere las condiciones. En este caso se necesitan de actividades mitigantes.

$$4.00 < VIA < 5.99 \quad (5)$$

- Severo: al ocurrir la acción se debe adecuar estrategias correctoras para que se recupere las condiciones iniciales y aun así aplicando estas medidas, necesita una extensión de tiempo para su recuperación.

$$6.00 < VIA < 7.99 \quad (6)$$

- Crítico: cuando ocurren pérdidas permanentes o irreparables a su condición inicial, aun si se aplican medidas mitigantes. El efecto producido es superior al umbral permitido.

$$8.00 < VIA < 10.00 \quad (7)$$

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. MAPA DE SENSIBILIDAD

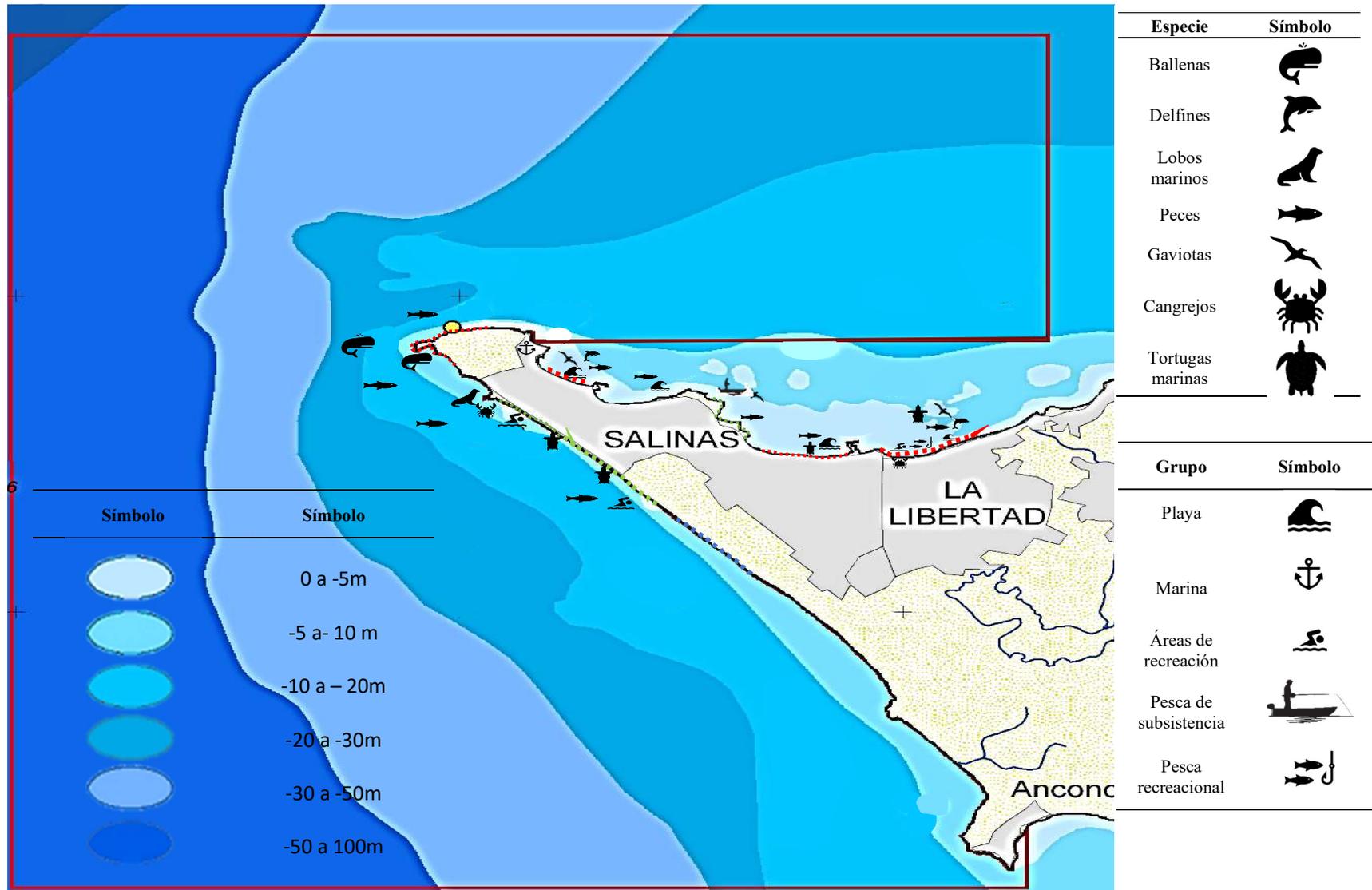
Se representó en dos mapas dos tipos de sensibilidad, en uno los tipos de especies vivas y distintas actividades de uso humano y en el segundo los tipos de arenas y sus estructuras y como se ven afectadas por contaminación de hidrocarburos, las zonas de mayor y menor riesgo fueron representadas por los siguientes colores:

- Áreas rojas: indican áreas de sensibilidad alta.
- Áreas verdes: indican áreas de sensibilidad media.
- Áreas azules: indican áreas de sensibilidad baja.

Se determinaron tres factores que podrían afectar a las diferentes estructuras debido a contaminación:

1. Exposición a la energía de olas y de marea.
2. Tipo de sustrato (permeabilidad, movilidad del sedimento).
3. Pendiente del segmento intermareal (o expuesto a inundaciones)

MAPA DE SENSIBILIDAD DE LA BIODIVERSIDAD EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA



MAPA DE SENSIBILIDAD DE LA ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA

LEYENDA

- Fondo rocoso-arenoso 
- Fondo arenoso 
- Fondo mixto 
- Centros poblados 
- Ríos 
- Playas de grano muy fino 
- Playas de grano fino 
- Playas de grano medio 
- Playas de grano grueso 
- Playas de arena de grava o conchas 
- Rocas pequeñas a grandes 
- Rocas pequeñas a medianas y algas 
- Rocas p a m y algas coralinas 
- Rocas planas p a m y gorgonias 



Se realizó un mapa de sensibilidad tomando en cuenta la fauna que se encuentra dentro de la reserva de producción de fauna marina costera de la puntilla de Santa Elena (REMACOPSE), en donde hay una mayor concentración de peces de la costa ecuatoriana, debido a que su ubicación se encuentra dentro de un sistema biológico de aguas frías compartido con Perú y región Insular (Galápagos), también se pueden encontrar diferentes especies de aves representativas de Ecuador como lo son los piqueros, pelícanos, gaviotas. Diferentes mamíferos marinos como los delfines, ballenas y lobos marinos se dan cita en esta reserva. Tomando los lugares en donde frecuentan cada especie, se realizó un cerco para determinar que rango de sensibilidad hay en cada localización si fuese afectado por un derrame de crudo. En donde rojo es alto riesgo, verde es riesgo medio y azul representa una sensibilidad baja.

La estructura de los mapas de sensibilidad se detalló con sus respectivas características de las zonas que podrían ser afectadas si llegase a producirse un derrame de hidrocarburo.

Tabla 11. Descripción de playas de arena de grano grueso.

Playas o bancos de arena de grano grueso	
Características	Permeabilidad media, mediana penetración de hidrocarburo.
General	<p>Mediana energía de olas o de corrientes de marea.</p> <p>Mediana reflexión de olas.</p> <p>Sustratos moderadamente permeables.</p> <p>Pendiente generalmente entre 5° y 15°.</p> <p>Alta movilidad del sedimento.</p> <p>Densidades relativamente bajas de organismos bióticos.</p>
Impacto	<p>La penetración del hidrocarburo es generalmente < 25 cm.</p> <p>La persistencia del hidrocarburo es mayor.</p> <p>Es posible que el hidrocarburo se entierre rápidamente.</p> <p>Los impactos a las comunidades bióticas intermareales pueden ser severos. (pueden afectar especies de crustáceos económicamente importantes).</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 12. Descripción de sustratos verticales impermeables expuestos.

Sustratos verticales impermeables expuestos	
Características	Permeabilidad nula.
General	Alta energía de olas o de corrientes de marea. Fuerte reflexión de olas. Sustratos impermeables. Pendiente pronunciada a vertical. Baja densidad o comunidades biológicas robustas.
Impacto	No hay penetración de hidrocarburo. La persistencia del hidrocarburo es baja.

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 13. Descripción de sustratos no verticales impermeables expuestos.

Sustratos no verticales impermeables expuestos	
Características	Permeabilidad nula.
General	Alta energía de olas o de corrientes de marea Fuerte reflexión de olas Sustratos impermeables Pendiente < 30° (zona intermareal más ancha)
Impacto	No hay penetración de hidrocarburo.

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 14. Descripción de playas de arena de grano fino a medio.

Playas de arena de grano fino a medio	
Características	Substrato semipermeable, baja penetración de hidrocarburo.
General	Mediana energía de olas o de corrientes de marea. Mediana reflexión de olas. Sustratos semipermeables (arena fina a media). Pendiente generalmente < 5°. Mediana movilidad del sedimento.
Impacto	La penetración del hidrocarburo es generalmente < 10 cm. La persistencia del hidrocarburo es mayor. La posibilidad de que el hidrocarburo se entierre es mínima debida a la lenta movilidad de masa de los sedimentos (excepto durante las tormentas).

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2. TIEMPOS DE RESPUESTA

Para reducir los tiempos de respuesta ante un derrame se buscó determinar la dirección de la mancha de hidrocarburo a lo largo del año mediante el software Responder Tool kit.

Tabla 15. Dirección de la mancha en el mes de enero.

Enero	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'31"S• Longitud: 80°53'92"W <p>A una distancia del punto inicial 0.3 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección sureste de 151° acercándose a la costa de la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'06"S• Longitud: 80°54'06"W <p>A una distancia del punto inicial 0.2 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 329° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 16. Dirección de la mancha en el mes de febrero.

Febrero	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'30"S• Longitud: 80°53'87"W <p>A una distancia del punto inicial 0.4 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección sureste de 138° acercándose a la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'20"S• Longitud: 80°53'87"W <p>A una distancia del punto inicial 0.3 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección sureste de 106° acercándose a la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 17. Dirección de la mancha en el mes de marzo.

Marzo	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'24"S• Longitud: 80°53'85"W <p>A una distancia del punto inicial 0.3 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección sureste de 120° acercándose a la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'04"S• Longitud: 80°54'01"W <p>A una distancia del punto inicial 0.2 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección noroeste de 357° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 18. Dirección de la mancha en el mes de abril.

Abril	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'19"S• Longitud: 80°53'83"W <p>A una distancia del punto inicial 0.3 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección sureste de 99° acercándose a la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'05"S• Longitud: 80°53'97"W <p>A una distancia del punto inicial 0.2 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 15° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 19. Dirección de la mancha en el mes de mayo.

Mayo	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'11"S• Longitud: 80°53'83"W <p>A una distancia del punto inicial 0.3 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 74° casi paralelo a la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°08'97"S• Longitud: 80°53'92"W <p>A una distancia del punto inicial 0.4 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 24° alejándose de la costa, mar adentro.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 20. Dirección de la mancha en el mes de junio.

Junio	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'04"S• Longitud: 80°53'82"W <p>A una distancia del punto inicial 0.4 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección norte-este de 58° alejándose de la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°08'93"S• Longitud: 80°53'86"W <p>A una distancia del punto inicial 0.5 km a una velocidad de 0,2 m/s después de 1 hora, con dirección norte-este de 24° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 21. Dirección de la mancha en el mes de julio.

Julio	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'09"S• Longitud: 80°53'79"W <p>A una distancia del punto inicial 0.4 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 72° alejándose de la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°08'88"S• Longitud: 80°53'90"W <p>A una distancia del punto inicial 0.5 km a una velocidad de 0,2 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 19° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 22. Dirección de la mancha en el mes de agosto.

Agosto	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°09'00"S• Longitud: 80°53'86"W <p>A una distancia del punto inicial 0.4 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 42° alejándose de la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°08'81"S• Longitud: 80°53'98"W <p>A una distancia del punto inicial 0.6 km a una velocidad de 0,2 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 4° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 23. Dirección de la mancha en el mes de septiembre.

Septiembre	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°08'95"S• Longitud: 80°53'90"W <p>A una distancia del punto inicial 0.4 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 25° alejándose de la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°08'80"S• Longitud: 80°54'04"W <p>A una distancia del punto inicial 0.7 km a una velocidad de 0,2 m/s después de 1 hora, con dirección noroeste de 353° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 24. Dirección de la mancha en el mes de octubre.

Octubre	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°08'89"S• Longitud: 80°54'07"W <p>A una distancia del punto inicial 0.5 km a una velocidad de 0,2 m/s después de 1 hora, con dirección noroeste de 345° alejándose de la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Latitud: 02°08'67"S• Longitud: 80°54'07"W <p>A una distancia del punto inicial 0.9 km a una velocidad de 0,3 m/s después de 1 hora, con dirección noroeste de 352° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 25. Dirección de la mancha en el mes de noviembre.

Noviembre	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Latitud: 02°08'84"S • Longitud: 80°54'04"W <p>A una distancia del punto inicial 0.6 km a una velocidad de 0,2 m/s después de 1 hora, con dirección noroeste de 353° alejándose de la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Latitud: 02°08'91"S • Longitud: 80°54'13"W <p>A una distancia del punto inicial 0.5 km a una velocidad de 0,2 m/s después de 1 hora, con dirección noroeste de 332° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

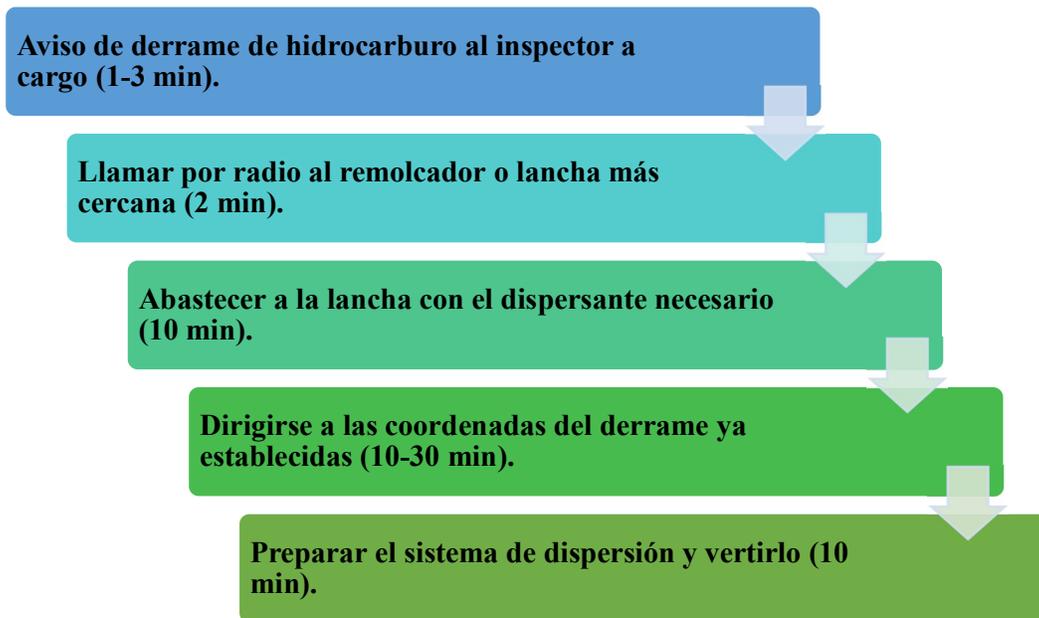
Tabla 26. Dirección de la mancha en el mes de diciembre.

Diciembre	
Condiciones	Dirección
Flujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Latitud: 02°08'99"S • Longitud: 80°53'85"W <p>A una distancia del punto inicial 0.4 km a una velocidad de 0,11 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 43° alejándose de la costa.</p>
Reflujo	<p>El nuevo punto de la ubicación de la mancha se encuentra a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Latitud: 02°08'97"S • Longitud: 80°53'86"W <p>A una distancia del punto inicial 0.4 km a una velocidad de 0,1 m/s después de 1 hora, con dirección noreste de 37° alejándose de la costa.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

En un evento de derrame de hidrocarburo los segundos pueden ser esencial dentro de las operaciones de limpieza, por esta razón se buscó identificar la dirección de la mancha para cada mes a lo largo del año, teniendo en cuenta que estos resultados fueron sacados con datos promedio, es decir no se tiene una certeza del 100%, por esto se determinó un radio de 13 metros del punto calculado, como punto probable donde podría estar ubicada la mancha, con esto se redujo en 15 min los tiempos de respuesta ante un derrame ya que se tiene un aproximado de hacia dónde dirige la mancha.

Tabla 27. Descripción del proceso a seguir en caso de derrame.



Fuente: Elaborado por los autores.

4.3. PRUEBA DE EFICACIA DE DISPERSANTES

4.3.1 Propiedades de los dispersantes, petróleo y diésel.

Se analizaron en el laboratorio las muestras de petróleo y diésel dando como resultado los datos detallados en la tabla 26.

Las propiedades de los dispersantes se sacaron de las fichas técnicas de cada producto, las cuales se detallan a continuación.

Tabla 28. Propiedades fisicoquímicas de petróleo y diésel.

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	PETRÓLEO	DIÉSEL
Viscosidad	31.6 Cst	6.70 Cst
Densidad	0.90 g/cm ³	0.84 g/cm ³
Color	Negro	Amarillo transparente
Olor	Hidrocarburo	Hidrocarburo
Aspecto	Líquido	Líquido

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 29. Propiedades fisicoquímicas de los dispersantes.

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	SEACARE CITRUS	HD 865 PLUS
Viscosidad	-	-
Gravedad específica	1.005 (±0.01) g/cm ³	1.01 g/cm ³
Punto de inflamación	No inflamable	No inflamable
Color	Naranja	Verde claro
Olor	Cítrico	Floral
Aspecto	Líquido	Líquido
pH	7-8	8

Fuente: Elaborado por los autores mediante ficha técnica de cada dispersante.

4.3.2 Eficacia de los dispersantes utilizados.

Utilizando una gota de dispersante de 0,05 ml se obtuvieron los resultados que se muestran en las siguientes tablas.

PETRÓLEO

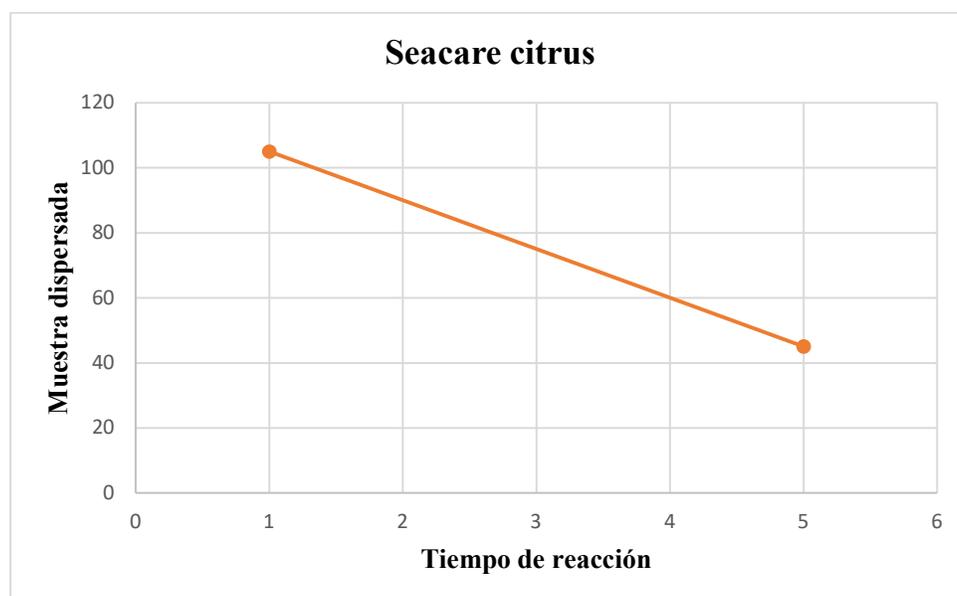
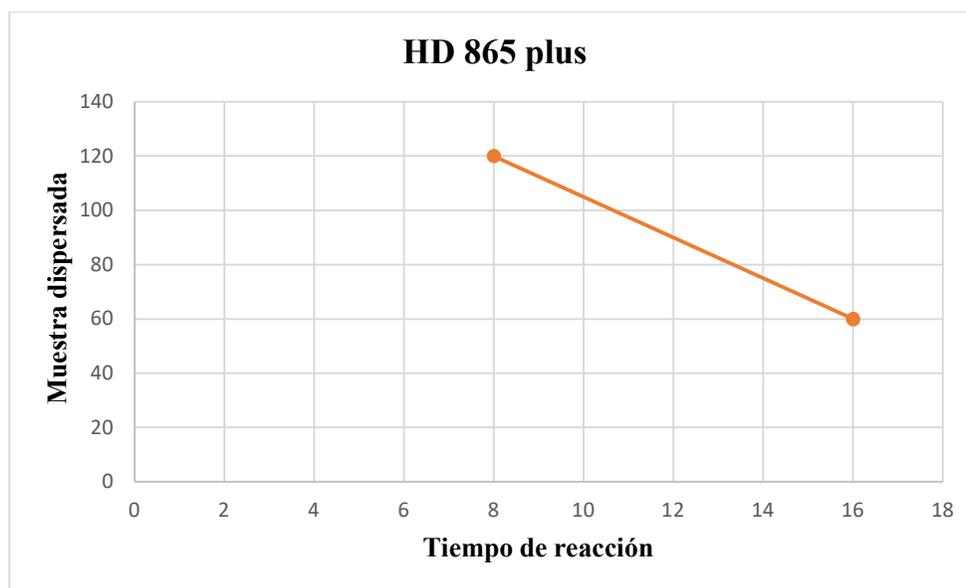
DISPERSANTE	MUESTRA USADA DE DISPERSANTE (ml)	VOLUMEN DE AGUA (lt)	MUESTRA DE PETRÓLEO DISPERSADO (ml)	TIEMPO DE REACCIÓN	EFICACIA REAL (%)
Seacare citrus	0.05	4	45	5	60
HD 865 plus	0.05	4	60	16	80

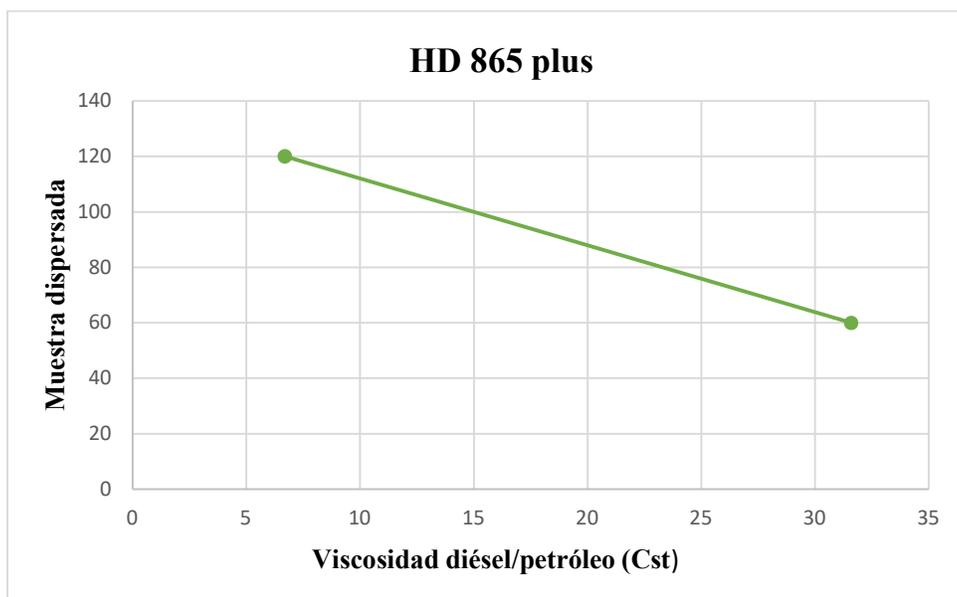
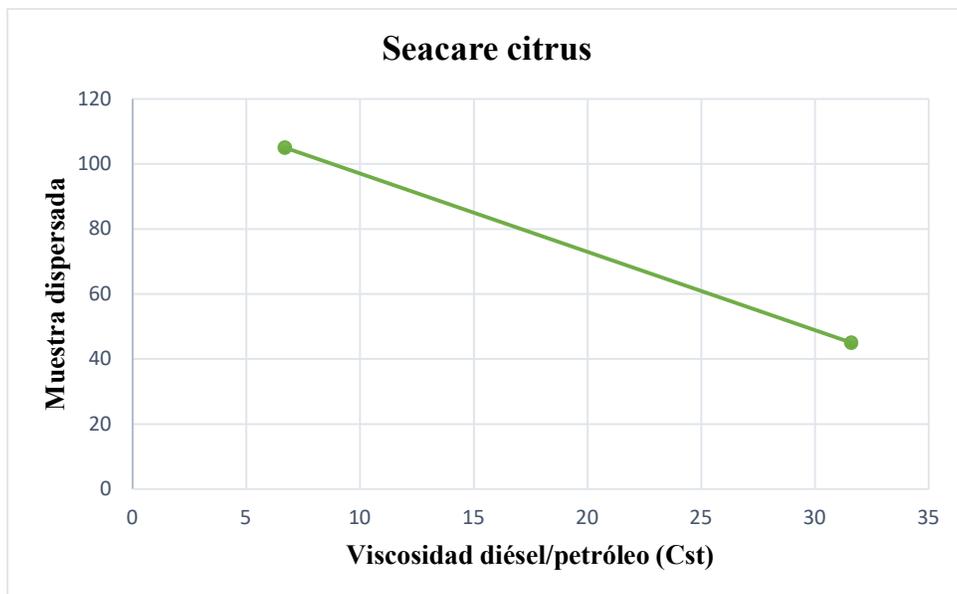
Fuente: Elaborado por los autores.

DIÉSEL

DISPERSANTE	MUESTRA USADA DE DISPERSANTE (ml)	VOLUMEN DE AGUA (lt)	MUESTRA DE DIÉSEL DISPERSADO (ml)	TIEMPO DE REACCIÓN	EFICACIA REAL (%)
Seacare citrus	0.05	4	105	1	75
HD 865 plus	0.05	4	120	8	85.71

Fuente: Elaborado por los autores.





4.4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.4.1 Evaluación de eficacia de los dispersantes.

Mediante las pruebas de eficacia se pudo observar que el dispersante HD 865 Plus generó una dispersión muy satisfactoria con un volumen de 0.05 ml de dispersante en un volumen de crudo de 60 ml, esto nos da un mejor resultado en comparación con el seacare citrus, que con la misma muestra de dispersante pudo dispersar 45 ml de crudo, sin embargo se observó que el tiempo de reacción del seacare citrus es casi instantáneo en todas las distintas muestras de

crudo, lo que provoca que haya un mejor tiempo de reacción en comparación con el HD 865 Plus.

Las mismas pruebas fueron realizadas en diésel con un API alto y debido a la diferencia de viscosidad entre el crudo y su derivado se tuvo que utilizar mayor cantidad de diésel, además que se utilizó un colorante para aceite rojo como lo indican las entidades regulatorias y el gobierno.

Los resultados fueron muy similares a los obtenidos con las pruebas de crudo, el dispersante HD 865 Plus con una muestra de 0.05 dispersó un volumen de 120 ml de diésel mientras que el seacare citrus dispersó 105 ml de la muestra de diésel. Mientras que los tiempos de reacción tuvo una mejor respuesta el seacare citrus.

4.4.2 Evaluación del uso dispersantes

Previamente establecidas tanto las zonas de riesgo y la dirección de la mancha se deben analizar cuando se debe y no usar dispersantes, esto dependiendo de las características del medio.

Los meses de mayor riesgo son de enero a abril debido a que por condiciones de viento y marea la mancha tiende a dirigirse hacia las costas tanto en flujo como en reflujos, esto representa las zonas de mayor riesgo y a su vez estos meses son donde se presentan los vientos más bajos a lo largo del año esto influye en la dirección de la mancha y qué tan rápido se va a desplazar el hidrocarburo por la superficie del océano.

De las cinco obras portuarias del terminal petrolero se descartaron dos, fondeadero cabotaje y el muelle ya que tienen una profundidad menor a diez metros y esto imposibilita la opción de usar dispersante.

Independientemente de en qué punto se produce un derrame este tomará la misma dirección que las ya establecidas y su distancia será una aproximación a la real después de una hora de ocurrido el accidente.

Tomando en cuenta que la eficacia del dispersante disminuye si el hidrocarburo permanece en el océano por demasiado tiempo, es mejor usarlo dentro de las primeras horas de ocurrido el incidente, esto evitará que llegue a las costas. De haber una respuesta lenta y los contaminantes estén cerca de la playa es eficiente usar barreras de contención y paños absorbentes, esto si se llega a un punto donde la profundidad del océano sea menor a diez metros ya que no es recomendable usar dispersantes en estas zonas.

Si ocurre un derrame cerca del muelle lo primero que debe considerar el técnico de control es colocar barreras de contención con el fin de evitar que la mancha se expanda.

En una situación donde se dé un derrame costa afuera y el hidrocarburo tenga proximidad a los recursos, es decir, una gran mancha de hidrocarburo alejada de la costa se localiza con dirección hacia la costa y el vertido es de crudo liviano que está fresco y no está emulsionado.

- Objetivo de la protección: aves y mamíferos cerca de la costa.
- Estrategia: en una situación así es absolutamente ideal para la dispersión, se debe verificar si la mancha no afectará a personas, bienes o áreas ambientalmente sensibles.
- Estrategia respecto al dispersante: siempre se debe poner mayor atención a la parte más prominente y espesa de la mancha y se debe acercarse a esta en la dirección del viento.

En caso de ser una gran mancha de hidrocarburo muy alejada de la costa que se dirige mar adentro, pero existe la posibilidad de que se dirija a la costa en el futuro, cuyo hidrocarburo es liviano y no está emulsionado.

- Objetivo de la protección: aves y mamíferos cerca de la zona costera, en caso de que el hidrocarburo cambie su trayectoria y se dirija hacia la costa.
- Estrategia: esta es una condición muy ideal para la aplicación de dispersantes, pero hay que recalcar que la protección de instalaciones turísticas no es una prioridad, es necesario actuar rápido para dispersar la

mayor parte posible de la mancha, se debe asegurar de que se dispone de suficientes recursos para manejarlo o cuanto menos el borde más prominente de la mancha.

- Estrategia respecto al dispersante: siempre se debe poner mayor atención a la parte más prominente y espesa de la mancha y se debe acercarse a esta en la dirección del viento.

En una situación de un derrame cuya mancha se encuentra muy alejada a la costa y tiene dirección a la costa cuyo hidrocarburo es liviano y no está emulsionado.

- Objetivo de la protección: aves y mamíferos cerca de la zona costera.
- Estrategia: esta es una condición límite para la dispersión, como primera respuesta se debe dispersar la mayor parte de la mancha, si es la primera parte se muestra que el hidrocarburo si es dispersable se debe continuar y se debe detener en un punto que ya no se vea resultados eficaces.
- Estrategia respecto al dispersante: siempre se debe poner mayor atención a la parte más prominente y espesa de la mancha y se debe acercarse a esta en la dirección del viento.

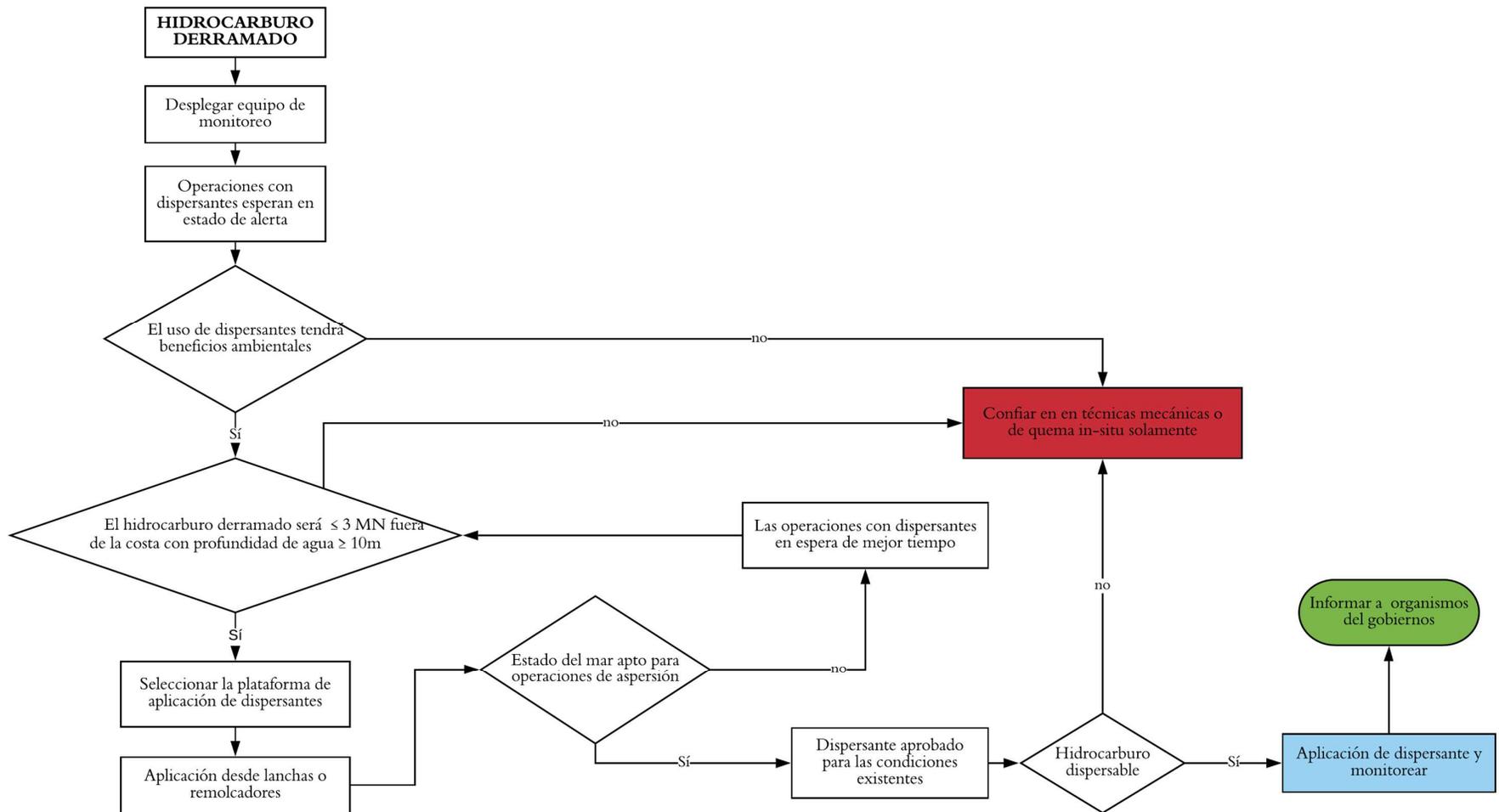


Figura 19. Diagrama de flujo para el correcto uso de dispersantes.

Tabla 30. Beneficios del uso de dispersantes.

Uso de dispersantes	
Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none">• Menos necesidad de mano de obra y requisitos logísticos.• Se pueden aplicar en una amplia gama de condiciones climáticas.• Alcanza y trata una cantidad significativamente alta.• Apresura la eliminación del hidrocarburo de la columna de agua al mejorar la biodegradación natural.• Reduce la cantidad de hidrocarburo que se esparce a la costa, reduciendo el riesgo para las costas sensibles.• Reduce el impacto en los recursos de la comunidad y la industria local.• Quedan menos vapores en la superficie del agua mejoran la seguridad del personal de respuesta.	<ul style="list-style-type: none">• Es posible que no funcione en hidrocarburos combustibles de alta viscosidad en mares tranquilos y fríos.• Puede tener una “ventana de oportunidad” limitada para su uso.• No recolecta el hidrocarburo directamente del medio ambiente, lo que hace es que lo dispersa en la columna de agua donde se puede biodegradar.• Impacto potencial en la industria pesquera si la población malinterpreta los efectos potenciales del dispersante en los mariscos.• Efectos potenciales del hidrocarburo dispersado en la columna de agua - vida marina residente.

Fuente: Elaborado por los autores.

Dado que el análisis de beneficio ambiental neto contempla los futuros escenarios de contaminación, no es posible determinar un porcentaje de que tanto se van a aminorar los daños al ambiente dado que son estrategias que aún no se han puesto en marcha.

Se planteo estrategias a seguir para evitar al mínimo la contaminación de la zona costera, las especies y sus recursos, los cuales se verían mayormente afectados en caso de un derrame, con esto se determinó cuando se dan las condiciones más convenientes para el uso de dispersantes y como aplicarlos correctamente.

Se encontró un substrato vertical impermeable dentro de la zona costera en salinas, conocido como la chocolatera, estas áreas son importantes ya que evitan que el hidrocarburo se impregne en su estructura, esto debido a que son completamente impermeable, cuentan con baja densidad de comunidades biológicas, generalmente no se requiere limpieza, en este caso si se contamina se podrían ver afectadas aves, mamíferos, peces y crustáceos.

Las playas aledañas al terminal petróleo La Libertad son playas de arena con granos muy finos, esto indica que son substratos semipermeables y cuenta con densidades relativamente bajas de organismos bióticos y al existir baja penetración de hidrocarburo no representa un peligro tan severo, sin embargo, la persistencia del hidrocarburo es mucho mayor en comparación con los substratos impermeables, en estos casos es muy necesaria la limpieza de la zona a través de lavado mecánico porque existe la mínima posibilidad de que el hidrocarburo de entierre, los efectos pueden ser negativos ya que al afectar las especies bióticas como peces, aves y reptiles.

Frente a las costas de Salinas se encuentran zonas de arena de grano grueso, estas áreas son de permeabilidad media con densidades bajas de organismos bióticos, con presencia de peces, aves y crustáceos, existe alta movilidad del sedimento y la penetración del hidrocarburo es mediana menor a 25 cm con una persistencia mayor en comparación con playas de arenas de grano fino, es recomendable limpiar la zona a través de la remoción.

En ciertas áreas costeras de Salinas existe presencia de arenas de concha triturada, estas presentan una permeabilidad alta, con una alta movilidad de sedimento durante tormentas, cuentan con mediana densidad de organismos bióticos como aves, peces y mamíferos, se requiere limpieza inmediata de la zona costera, ya que puede dificultarse si el hidrocarburo alcanza una gran profundidad de penetración.

Para determinar el daño que provocaría un derrame de hidrocarburos en la zona costera de Salinas se utilizó la metodología de criterios relevantes integrados de Buroz 1994, donde se desarrolló una matriz que evalúa los parámetros físicos, biótico y socioeconómico.

Tabla 31. Matriz de criterios relevantes integrados, actividad: análisis de daños de un derrame de hidrocarburos.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Importancia	Intensidad	Extensión	Duración	Reversibilidad	Incidencia	Magnitud	VIA	Dictamen
Físico	Contaminación del agua	Negativo	Mayor	9	5	2	5	10	6	6.28	Severo
	Contaminación del suelo	Negativo	Mayor	8	2	2	2	10	4.4	4.25	Moderado
	Contaminación del aire	Media	Media	6	5	2	2	5	4.8	3.98	Compatible
Biótico	Flora	Negativo	Mayor	9	5	2	5	10	6	6.28	Severo
	Fauna	Negativo	Mayor	9	5	2	5	10	6	6.28	Severo
Socio Económico	Salud	Negativo	Media	4	5	2	2	5	4	3.56	Compatible
	Seguridad	Negativo	Media	4	5	2	2	5	4	3.56	Compatible
	Empleo y mano de obra	Positivo	Baja	2	2	2	2	5	2	2.33	Compatible
Promedio									4.65	4.56	Moderado

Fuente: Elaborado por los autores, adaptado del trabajo de titulación (Alfredo, 2017).

CONCLUSIONES

- Los resultados que se obtuvieron mediante las pruebas de eficacia realizadas con petróleo crudo y diésel mostraron que el dispersante HD 865 plus actuó mejor, con una diferencia de eficacia de 80% en petróleo y 85.71 en diésel a comparación del seacare citrus que obtuvo un 60% en petróleo y 75% en diésel. Se observó que con una muestra de dispersante de 0.05 ml del HD 865 Plus se pudo dispersar hasta 120 ml de diésel y 60 ml de crudo, mientras que el dispersante seacare citrus con una muestra de 0.05 ml pudo dispersar hasta 105 ml de diésel y 45 ml de crudo.
- A pesar de que el dispersante HD 865 plus tuvo mayor efectividad existe una diferencia importante en el tiempo de reacción, el dispersante seacare citrus en ambos hidrocarburos tuvo una reacción casi instantánea mientras que el dispersante HD 865 plus tiene un tiempo de reacción muy lento y este aumenta al aumentar los volúmenes de crudo y diésel.
- Usando el Software Responder Tool kit para determinar la dirección de una mancha de hidrocarburo en la superficie del océano, se realizaron los cálculos para predecir la dirección de la mancha después de una hora de haberse vertido en el océano en todos los meses del año, esto se realizó usando datos mensuales promedio del viento y de la corriente, por lo tanto los puntos de ubicación no son 100% exactos, por esta razón se estableció un radio de 13 metros, dentro de los cuales podría estar localizada la mancha, gracias a esto se redujo el tiempo de respuesta ante un derrame en 15 min.
- Los mapas de sensibilidad mostraron que en su mayoría toda la zona costera corre un alto riesgo, ya sea por las diferentes actividades turísticas que se realizan o por las diferentes especies que se verían afectadas en casos de contaminación. La sensibilidad depende en gran parte de los tipos de suelos, ya que dependiendo de sus características se ven mucho más afectadas como es el caso de la costa de Salinas que consta de granos de concha los cuales presentan una alta permeabilidad y el hidrocarburo puede fácilmente adherirse a su estructura.

- Se determinó un valor promedio de los parámetros establecidos en la matriz, donde la magnitud del impacto en caso de un derrame sería 4.65 y el valor de índice ambiental sería 4.46 en una escala del 1 al 10, debido a esto el dictamen es moderado.

RECOMENDACIONES

- Se deben ejecutar normas para realizar los correspondientes ensayos de eficacia, ya que esta propiedad es de suma importancia para el correcto uso de los dispersantes.
- Se recomienda si es posible el uso de microscopios al realizar las pruebas de eficacia ya que los resultados no son 100% confiables, debido a que se determinan a través de la observación y existen indicios que indican que hubo menos eficacia de la real como agrupamiento, calado y penacho sólo de dispersantes.
- Determinar adecuadamente todos los parámetros que intervienen en la dirección que podría tomar la mancha de hidrocarburo para así de esta manera aminorar el margen de error de su nueva localización.
- Considerar el uso de los mapas de sensibilidad en el momento que ocurre un derrame para determinar qué zona podría estar afectada y medir su rango de sensibilidad.
- Utilizar dispersantes biodegradables para no afectar a las especies marinas aledañas a la localización de la mancha de crudo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfredo, C. d. (2017). *Evaluación ambiental de los impactos que se generarían por la recolección, transporte y disposición de lodos residuales generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción* . Ecuador.
- Alvarado, T. d. (2003). *EFICACIA DE LOS DISPERSANTES BIODEGRADABLES SOBRE LOS DERRAMES*. GUAYAQUIL.
- ARPEL. (2007). *Guía para el uso de dispersantes en derrames de hidrocarburos*.
- ARPEL, A. r. (1997). *GUÍA PARA EL DESARROLLO DE MAPAS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL PARA LA PLANIFICACIÓN Y RESPUESTA ANTE DERRAMES DE HIDROCARBUROS*.
- Buroz, E. (1994). *Método de criterios relevantes Integrados* . Ciudad Bolívar Venezuela.
- Casellas, M., Fernández, P., Bayona, J., & Solanas, A. (1995). *Bioassay-directed chemical analysis of genotoxic components in urban airborne particulate matter from Barcelona*. Spain.
- Clark, R., & Brown, D. (1977). *Petroleum: properties and analyses in biotic and abiotic systems*. En : D. C. Malins (Ed.), *Effects of Petroleum on arctic and subarctic environments and organisms*. London.
- IPIECA. (2015). *Desarrollo de estrategias de respuesta usando el análisis de beneficio ambiental neto*. Londres.
- IPIECA, A. I. (2001). *Dispersantes y su papel en la respuesta a derrames de hidrocarburos*. Venezuela: IPIECA 2da edición.
- Itopf. (2011). *Uso de dispersantes para el tratamiento de derrame de hidrocarburos*. London.
- Marc, V. C. (2005). *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos: caracterización microbiológica, química y ecotoxicológica*. Barcelona.
- Marini, J. (1997). *Análisis comparativo de las estrategias para la respuesta a derrames de petróleo en agua y la importancia de la dispersión química*. Argentina.

- Martínez, M. E. (2013). *Remediación de agua contaminada con petróleo utilizando pennisetum*. Quito.
- OMI/PNUMA, i. O. (1995). *Directrices OMI/PNUMA sobre aplicación de los dispersantes de derrames de hidrocarburos y consideraciones ambientales*.
- Perales, J. (2001). *Variabilidad de la biodegradación y toxicidad de compuestos xenobióticos en el medio marino. Aplicación a lineal alquilbenceno sulfonatos en aguas del golfo de Cádiz (Tesis Doctoral)*. Universidad de Cádiz, Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente. , Cádiz.
- PETROECUADOR, E. (2020). *Plan de contingencia Terminal Marítimo Libertad*. La Libertad.
- Piguave, L. Z., & Gutierrez, P. C. (2010). *EFICACIA, TOXICIDAD Y BIODEGRADABILIDAD DE LOS DISPERSANTES DE PETRÓLEO*. GUAYAQUIL.
- Rodríguez, G. N. (2013). *FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE DISPERSANTES DETERGENTES Y DESENGRASANTES BIODEGRADABLES PARA DERRAMES EN SUELO DE CRUDOS*. QUITO.
- SEMARNAT. (2013). *Guía de buenas prácticas ambientales para el uso, aplicación de dispersantes, en el control de derrame de hidrocarburos en el medio marino*. Mexico.
- SUINLI. (2012). *REPORTE DE DERRAMES OCURRIDOS EN EL TRANCURSO DEL 2011- 2012*. La Libertad.
- Torres D., K., & Zuluaga M., T. (2009). *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos(Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Universo. (18 de Abril de 2005). *Marina dice que está controlado el derrame de combustible en las Galápagos.*, pág. 1.
- Villena, M. M. (2005). *Biodegradabilidad y toxicidad de tensioactivos comerciales (Tesis Doctoral)*. Granada.

ANEXOS

Resultados de las pruebas de eficacia.

Diésel

DISPERSANTE	MUESTRA DE DISPERSANTE (ml)	VOLUMEN DE AGUA (lt)	MUESTRA DE DIÉSEL DISPERSADO (ml)	TIEMPOS DE REACCIÓN (s)
Seacare citrus	0,05	4	105	1
HD 865 plus	0,05	4	120	8

Seacare citrus

MUESTRA DE DIÉSEL (ml)	DISPERSANTE UTILIZADO (ml)	VOLUMEN DE AGUA (lt)	TIEMPOS DE REACCIÓN (s)
15	0,05	4	1
30	0,05	4	1
45	0,05	4	1
60	0,05	4	1
75	0,05	4	1
90	0,05	4	1
105	0,05	4	1
120	0,1	4	2

HD 865 plus

MUESTRA DE DIÉSEL (ml)	DISPERSANTE UTILIZADO (ml)	VOLUMEN DE AGUA (lt)	TIEMPOS DE REACCIÓN (s)
15	0,05	4	2
30	0,05	4	2
45	0,05	4	3
60	0,05	4	5
75	0,05	4	6
90	0,05	4	7
105	0,05	4	7
120	0,05	4	8
135	0,1	4	10

Petróleo

DISPERSANTE	MUESTRA DE DISPERSANTE (ml)	VOLUMEN DE AGUA (lt)	MUESTRA DE PETRÓLEO DISPERSADO (ml)	TIEMPOS DE REACCIÓN (s)
Seacare citrus	0,05	4	45	5
HD 865 plus	0,05	4	60	16

Seacare citrus

MUESTRA DE PETRÓLEO (ml)	DISPERSANTE UTILIZADO (ml)	VOLUMEN DE AGUA (lt)	TIEMPOS DE REACCIÓN (s)
15	0,05	4	2
30	0,05	4	4
45	0,05	4	5
60	0,1	4	7

HD 865 plus

MUESTRA DE PETRÓLEO (ml)	DISPERSANTE UTILIZADO (ml)	VOLUMEN DE AGUA (lt)	TIEMPOS DE REACCIÓN (s)
15	0,05	4	3
30	0,05	4	7
45	0,05	4	11
60	0,05	4	16
75	0,1	4	20

Ficha técnica del dispersante seacare citrus



FICHA TECNICA No.3069

SEACARE CITRUS

Dispersante de petróleo, base agua y cítricos, biodegradable, no tóxico.

Descripción del Producto

SEACARE-CITRUS es un dispersante a base de cítricos y agua, utilizado para la dispersión de hidrocarburos derramados en cuerpos de agua de gran volumen como por ejemplo: mares, ríos y lagos. Por su rápida acción y alta concentración es utilizado en la dispersión de hidrocarburos pesados como bunker y fuel-oil, y con hidrocarburos livianos tales como gasolina, diesel, nafta, etc.

Usos

La acción del SEACARE CITRUS se basa en el fraccionamiento del hidrocarburo en miles de partículas minúsculas que se introducen en la masa de agua, lo cual resulta en una intensificación del proceso de biodegradación del hidrocarburo.

SEACARE CITRUS también es muy eficiente en la remoción de aceites e hidrocarburos en muelles, patios, bodegas, cubierta y costados de embarcaciones.

Instrucciones de Usos

SEACARE CITRUS se aplica puro sobre la mancha, ya sea por pulverización o rociado, agitándose vigorosamente el área con el motor de una lancha o con el chorro de agua a presión de las mangueras contra incendio. Se recomienda dosificar 1 litro del producto por cada 15 a 20 litros de hidrocarburo derramado, dependiendo de la viscosidad del hidrocarburo y espesor de la mancha.

SEACARE CITRUS ofrece un alto nivel de seguridad operacional durante el manipuleo y aplicación ya que no contiene solventes nocivos en su formulación y es no tóxico, no inflamable y biodegradable.

Para evitar que el hidrocarburo derramado se adhiera a las rocas, plantas y a las orillas se debe aplicar sobre ellas, previamente, una solución al 7 % del SEACARE CITRUS.

Otras consideraciones

En caso de requerir asistencia técnica para el uso, dosificación y aplicación del presente producto, comuníquese con nosotros a nuestro PBX: 042442610 ó al teléfono móvil 0960504608.

Propiedades del Producto:

Apariencia : Líquido naranja transparente.
Olor : Cítrico (naranja)
Densidad : 1.005 ± 0.005 g/cm³
pH conc. a 25 °C : 7 - 8
Inflamabilidad : No inflamable
Solubilidad : Completa en agua dulce o salada.
Compatibilidad : Se desconocen incompatibilidades.

Código / Presentación:

3075 Envase de 1 Litro
 3004 Galón 4 Litros
 3069 Caneca 20 Litros
 3020 Tanque 210 Litros

Características y Beneficios:

- Dispersante de última generación.
- 100% biodegradable.
- No tóxico
- De acción inmediata.
- Rompe la tensión superficial del hidrocarburo, fraccionándolo en pequeñas gotas fáciles de degradar y disipar en el medio ambiente.
- Evita que la mancha o derrame de hidrocarburo vuelva a formarse, manteniéndolo disperso.

ROTULO NFPA 704



Para mayor información leer la Hoja de Seguridad.

HMS III

EPP		SALUD	2
		INFLAMABLE	0
		PELIGRO FÍSICO	0
		PROTECCIÓN PERSONAL	B

Prod. Act. 30/10/2017

ROCHEM DEL ECUADOR S.A.

Guayaquil: El Oro 1301 y Guaranda PBX: (593) 042 442610 Fax: (593) 042 441513 / e-mail: info@rochem.com.ec / ventas@rochem.com.ec

Contamos con distribuidores a nivel nacional | www.rochem.com.ec

Según los datos disponibles, la información contenida en esta hoja técnica es perfectamente correcta; pero dado que las circunstancias y condiciones en las que puede ser aplicada quedan fuera de nuestro control, nos eximimos de toda responsabilidad por pérdidas o daños que puedan ocurrir y no ofrecemos garantía alguna de inmunidad en caso de violación de la patente.

Ficha de seguridad del dispersante seacare citrus



FICHA DE SEGURIDAD (FDS) SEACARE CITRUS

Acorde al Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA)
Sexta edición revisada / Naciones Unidas 2015

Elaborado el:	16/08/19	MSDS* No.:	3069
Revisado el:	16/08/19	No. de Revisión:	1

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia/ preparado y de la sociedad/ empresa:

Nombre Comercial	: SEACARE CITRUS
Nombre Químico	: N/A
Sinónimos	: Dispersante. Agente de dispersión de hidrocarburos.
Uso recomendado del producto químico	: Dispersante para derrames de hidrocarburos.
Restricciones de uso	: Utilice acorde a lo indicado en su Ficha Técnica.
Nombre del Proveedor/ Distribuidor	: ROCHEM DEL ECUADOR S.A.
Dirección del Proveedor/ Distribuidor	: El Oro 1301 y Guaranda, Guayaquil, Ecuador.
Teléfonos del Proveedor/ Distribuidor	: PBX +593 42 442610
Nombre del Fabricante	: ROCHEM DEL ECUADOR S.A.
Dirección del Fabricante	: El Oro 1301 y Guaranda, Guayaquil, Ecuador.
Teléfonos del Fabricante	: PBX +593 42 442610
Persona responsable	: Ing. Michael Apolinario / info@rochem.com.ec
Número Telefónico de Emergencias	: ECUADOR / CIATOX +593 22 905162 (ext. 2) 1-800-VENENO (836366)
Fórmula química	: Propietario.
Número CAS*	: No aplica para esta mezcla.
Número de Identificación SGA (GHS)	: N/A

* CAS: (Chemical Abstract Service): Código del producto.

* MSDS: (Material Safety Data Sheet): Hojas de seguridad de materiales.

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros:

2.1 Clasificación SGA de la sustancia o de la mezcla: Clasificación (Reglamento (CE) No.1272/2008)

Toxicidad aguda por ingestión, Categoría 4, H302.
Provoca una leve irritación cutánea, Categoría 3, H316
Provoca irritación ocular, Categoría 2B, H320

Para el texto íntegro de las Declaraciones H mencionadas en esta sección, véase en Indicaciones de Peligros (sección 2.2) o en la sección 16.

Clasificación (67/548/CEE ó 1999/45/CE)

Xi Irritante R38: Irrita la piel.
R36: Irrita los ojos.

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta: Etiquetado (Reglamento (CE) No.1272/2008)

Pictograma de Peligro:



Ficha técnica del dispersante HD 865 Plus

BIOOMA S.A.
FICHA TECNICA
DISPERSANTE HD 865 PLUS.

1. DESCRIPCION:

Es un producto usado como dispersante concentrado en derrames de hidrocarburos en agua, altera la tensión superficial, rompiendo la película de aceites y grasas en millones de partículas. Es creado con la más avanzada tecnología.

Consiste en una mezcla sinérgica de bacterias petroleolíticas y tensoactivos naturales biodegradables y no tóxicos.

2. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PRODUCTO

Bioensayo de toxicidad CL 50/96 igual o mayor a 30ppm, realizado por un laboratorio acreditado por el Organismo de Acreditacion Ecuatoriano (OAE).

Concentración Bacteriana:	7 x 10 ⁹ u.f.c./ml.-que no posean bacterias acidolacticas ya que esta solo sirve para alimentos.
Solubilidad:	Agua
Apariencia:	Liquida.
Peso Especifico:	1.01 kg./lts
Color:	Verde Claro
Ph efectivo:	5.5 – 9.4
Ph:	8
T efectiva:	5 C° - 43 C°
Olor:	Floral
Surfactante:	100%
Biodegradable:	Si – 100% ecológico
Toxicidad:	No Toxico
Contaminante:	No Contaminante
Inflamabilidad:	No Inflamable
Radiactividad:	No Radiactivo
Alcalinidad:	No Contiene
Acidez:	Ninguno
Corrosivo:	Ninguno
Oxidante:	Ninguno
Envase:	1 litro elaborado en polietileno de alta densidad. Con anillo de seguridad y arandela Termoplastica (HDPE). y/o tambores plásticos de 55 galones.
Vestimenta:	No se requiere de vestimenta especial para la utilización del producto.

Uso del sistema de dispersión



Realización de las pruebas eficacia



