

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POR DERRAMES
DE PETRÓLEO POR EL POZO “RIO GRANDE-27 Re-ST”**

**DIPLOMADO EN SEGURIDAD INDUSTRIAL, SALUD EN EL
TRABAJO Y RESPONSABILIDAD SOCIAL VERSIÓN II**

PAOLA VERÓNICA POQUECHOQUE VASQUEZ

Sucre – Bolivia

2024

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Seguridad Industrial, Salud en el Trabajo y Responsabilidad Social en su Versión II en de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Paola Verónica Pochechoque Vásquez

Sucre, 03 de Mayo de 2024

DEDICATORIA

Llena de regocijo, alegría, amor y esperanza, dedico esta monografía a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mi apoyo, mis pilares y motivación de seguir adelante.

A Dios por darme vida, salud y capacidad de poder realizar uno de mis mayores propósitos el de poder ser Ingeniera en Petróleo y Gas Natural.

Agradezco a mis padres Flora y Freddy (+) quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me dieron el apoyo y la comprensión de poder cumplir un sueño más, gracias por la educación y ese ejemplo de esfuerzo, valentía y seguir luchando aun cuando se nos presenta adversidades.

A mis hermanos que siempre estuvieron presente en cada momento de mi carrera universitaria brindándome su apoyo incondicional.

A mi amado hijo Caleb que fue mi motivo más grande para poder concluir esta etapa de mi vida, fuente de mi inspiración y sobre todo darme esa fuerza de superación, así poder brindarle un futuro mejor. ¡Gracias hijito por llegar a mi vida por ti lo logre!

Paola Verónica Pochechoque Vasquez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar Dios por darme vida, guiar mi camino y acompañarme en cada paso, brindándome salud y la capacidad de comprensión, asimilar satisfactoriamente los conocimientos obtenidos hasta ahora.

A mis queridos padres Flora Marisol Vásquez Isla y Freddy Benigno Pochechoque Valencia (+), por su amor, dedicación y sobre todo por inculcarme siempre a luchar y seguir adelante, sobre todo a mi mamita quien me apoyo y nunca dudo de mí, me enseñó que las metas y sueños si se pueden lograr, clara es la prueba de esta monografía que estoy a un pasito de lograrlo.

A queridos hermanos Daniel, Raphael, Saul, David y Laura. Quienes siempre me dieron su apoyo fraternal y las fuerzas de siempre seguir adelante.

A mi novio franco quien no dudo de mí, a pesar de los momentos duros que pasamos, siempre estuvo ahí para brindarme su apoyo, comprensión y todo su amor.

A la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca por inculcarme los conocimientos necesarios durante mi formación académica.

A mis amigos y compañeros, quienes con su apoyo incondicional me compartieron conocimientos, alegrías y tristezas.

Paola Verónica Pochechoque Vásquez

RESUMEN

El presente trabajo de elaboración de monografía tiene como objetivo realizar una “Evaluación del impacto ambiental por derrame de petróleo ocasionada por el pozo Rio Grande -27 Re-ST”. La metodología de investigación que se aplica es de carácter mixto, método cualitativo se va realizar un análisis de los impactos ambientales, generada por la explotación y exploración de hidrocarburos en dicho pozo. Uno de los objetivos principales es realizar una evaluación de impacto ambiental mediante la matriz de Leopold al pozo de estudio con el objeto de establecer medidas preventivas y un procedimiento de contingencia para una respuesta eficaz y así mitigar los riesgos de derrames de petróleo, protegiendo así la integridad del medio ambiente, la salud pública y la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en la región de Rio Grande ubicada en el departamento de Santa Cruz.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POR DERRAMES DE PETRÓLEO POR EL POZO “RIO GRANDE–27 Re-ST”

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.1.1 SITUACIÓN PROBLÉMICA	4
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivo General.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.3.1 Justificación Técnica.....	6
1.3.2 Justificación Económica.....	6
1.3.3 Justificación Ambiental.....	7
1.3.4 Justificación social	7
1.4 METODOLOGÍA.....	7
1.4.1 Métodos.....	7
1.4.2 Técnicas e Instrumentos.....	8
CAPITULO II: DESARROLLO	9
2.1 MARCO CONCEPTUAL	9
2.1.1 Definición Del Petróleo.....	9

2.1.1.1 Origen del Petróleo	9
2.1.1.2 Hidrocarburos	9
2.1.2 Sistema Petrolero	9
2.1.3 Clasificación De Los Yacimientos	10
2.1.3.1 Yacimientos de hidrocarburos convencionales.....	10
2.1.3.2 Yacimientos de hidrocarburos no convencionales.....	11
2.1.3.3 Reservorio de petróleo.....	11
2.1.3.4 Reservorio de gas.....	12
2.1.4 Clasificación De Pozos Petroleros	12
2.1.4.1 Pozos de exploración.....	12
2.1.4.2 Pozo de evaluación.....	13
2.1.4.3 Pozo de desarrollo	13
2.1.5 Operaciones de perforación de pozos petroleros	14
2.1.5.1 Tipos de perforación de pozos petroleros	15
2.1.6 Operaciones De Producción En Pozo Petroleros	17
2.1.7 Evaluación de impacto ambiental.....	17
2.1.8 Matriz Leopold	18
2.1.8.1 Importancia de la Matriz de Leopold	18
2.1.9 Definición De Derrame De Petróleo	19
2.1.9.1 Causas por las que se produce un derrame de petróleo	20
2.1.9.2 Principales consecuencias de un derrame de petróleo	20

2.1.9.3 Donde suelen producirse los derrames de petróleo	20
2.1.9.4 Tipos de contaminación por derrames de petróleo.....	21
2.1.9.5 Evento histórico de derrame de petróleo en Latinoamérica.....	23
2.1.10 Marco Normativo.....	24
2.1.10.1 Decreto supremo 28397, 6 de octubre 2005, Actividades De Exploración Y Explotación De Hidrocarburos	24
2.1.10.2 Decreto Supremo 24335, 19 de julio 1996, Reglamento Ambiental Para El Sector Hidrocarburos (RASH)	24
2.1.11 Marco legal	25
2.1.11.1 Ley N° 3058, 17 de mayo 2005, Ley De Hidrocarburos.....	25
2.1.11.2 Ley N° 1333, 27 de abril 1992, Ley Del Medio Ambiente	25
2.1.12 MARCO CONTEXTUAL.....	26
2.1.13 Información General Del Departamento De Santa Cruz.....	26
2.1.14 Ubicación Del Campo Rio Grande	27
2.1.15 Información General Del Pozo Rio Grande–27 Re-ST	28
2.2 ANÁLISIS Y DATOS OBTENIDOS.....	30
2.2.1 Análisis Del Derrame De Petróleo En El Pozo “RIO GRANDE–27 Re-ST”.....	30
2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	34
2.3.1 Analizar la herramienta de evaluación de impacto ambiental, matriz Leopold, Derrames De Petróleo En El Pozo “Rio Grande–27 Re-ST”	34
2.3.2 Técnica de biorremediación para eliminar la contaminación de suelos por derrames de petróleo en pozos petroleros.....	38
2.3.2.1 Biorremediación	38

2.3.2.2	Importancia de la Biorremediación	39
2.3.2.3	Biorremediación en el ámbito petrolero	39
2.3.2.4	Biorremediación in situ	40
2.3.2.5	Biorremediación ex situ	44
2.3.3	<i>Procedimiento de un plan de contingencias en caso de un derrame de petróleo en el pozo Rio Grande -27 Re-ST</i>	<i>46</i>
	CAPITULO III CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
3.1	RESULTADOS	52
3.2	CONCLUSIONES	52
3.3	RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	54
	ANEXOS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de causa y efecto.	5
Figura 2: Yacimiento de hidrocarburos convencional.	10
Figura 3: Yacimiento de hidrocarburos no convencional.	11
Figura 4: Reservorio de gas-petróleo.	12
Figura 5: Pozos de exploración.	13
Figura 6: Clasificación de pozos petroleros.	14
Figura 7: Equipos de producción en pozos petroleros.	15
Figura 8: Pozo vertical y horizontal en perforaciones petroleras.	16
Figura 9: Derrame de petróleo, rotura de cañerías en río Napo y Coca de Ecuador.	19
Figura 10: Contaminación de derrames de petróleo en los suelos.	22
Figura 11: Contaminación de derrames de petróleo en aguas.	22
Figura 12: Derrame de petróleo en yacimiento no convencional Vaca Muerta.	23
Figura 13: Departamento de Santa Cruz.	26
Figura 14: Ubicación del campo Río Grande.	27
Figura 15: Ubicación del pozo Río Grande-27 "Re-ST"	28
Figura 16: Problemas de derrame de hidrocarburos Pozo RGD-27.	31
Figura 17: Presencia de petróleo en el árbol de válvulas.	32
Figura 18: Daños a los comunarios del lugar.	32
Figura 19: Mala ubicación de la fosa de quema.	33
Figura 20: Comparación de una inyección microbiana y la recuperación del sitio.	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Antecedentes generales respecto al tema de investigación propuesto.....	3
Tabla 2: Información general del Pozo Rio Grande–27.....	29
Tabla 3: Tipos de derrame en el pozo Pozo RGD-27.....	33
Tabla 4: Magnitudes matriz Leopold	34
Tabla 5: Importancias matriz Leopold.	35
Tabla 6: Análisis de impacto ambiental pozo RGD-27 Re-St	36
Tabla 7: Análisis de impacto ambiental con la herramienta Leopold.	37
Tabla 8:Tratamientos in situ tecnológico Bioventeo.	41
Tabla 9:Tratamientos in situ tecnológico Bioestimulación.	42
Tabla 10:Tratamientos in situ tecnológico Biolabranza.	43
Tabla 11:Tratamientos ex situ tecnológico Composteo.....	44
Tabla 12:Tratamientos ex situ tecnológico Biorreactores.	45

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La contaminación por hidrocarburos del petróleo es una problemática de carácter mundial y amplia distribución geográfica, teniendo en cuenta que independiente de la zona afectada lagos, suelos, zonas freáticas, ríos y playas por procesos biológicos y físicos, los hidrocarburos tienen una contaminación alta al medio ambiente. (Shanidul y Tanaka, 2004).

Con el fin de contrarrestar los efectos nocivos causados por la presencia del petróleo en los ecosistemas del subsuelo se han desarrollado técnicas físicas, químicas y biológicas que buscan remover el mayor porcentaje del contaminante y disminuir el impacto generado tras un derrame o acumulación progresiva. Entre las diversas técnicas, la biorremediación es considerada actualmente la alternativa menos costosa para transformar contaminantes presentes en diversos ecosistemas, teniendo en cuenta que gran variedad de bacterias cuentan con la maquinaria enzimática para transformar los compuestos xenobióticos persistentes y éstas pueden ser aisladas de lugares donde haya existido una previa exposición al contaminante. (Márquez 2001)

Con la elección de explotar y conservar para el aspecto económico y social, existe la disminución de territorios o afectar de forma permanente, mediante la contaminación y destrucción de nuestro medio ambiente.

El enfoque para abordar esta problemática de explotación versus protección parte del cuidado del medio ambiente como base teórica para el desarrollo de una evaluación, de los efectos externos generados sobre el ambiente que no están siendo considerados por las empresas ni los tomadores de decisiones al enfrentar este tipo de problemas

El presente trabajo de investigación de evaluación del impacto ambiental por derrames de petróleo por el pozo “rio grande-27 re-st” se realiza un análisis para identificar un derrame de hidrocarburos y que acciones se deberán tomar para combatir este incidente que causa daños al medio ambiente, sociedad y al personal de trabajo.

1.1 ANTECEDENTES

Tabla 1: Antecedentes generales respecto al tema de investigación propuesto.

AUTOR	TEMA	PROCEDENCIA DEL ESTUDIO	AÑO	ENFOQUE
Liliana Clarivel Villa Morales	Aplicación De Biorremediación En Residuos Acuoso Generados Por Estaciones De Servicio: Caso Planta Senkata – Y.P.F.B.	Universidad Mayor De San Andrés. Facultad De Ingeniería Química, Petroquímica, Ambiental E Alimentos	2019	Analizar todas las posibles aplicaciones de coctel enzimático producidas en el campo de Biorremediación donde se obtenga un mejor aprovechamiento utilizando otros pasivos ambientales en nuestro país.
Johana Andrea Velásquez Arias	Revista De Investigación Agraria Y Ambiental (Riaa)	Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente (Ecapma) De La Universidad Nacional Abierta Y A Distancia (UNAD), Yopal, Casanare, Colombia.	2017	El objetivo del presente artículo es elaborar una síntesis con información sobre la contaminación de suelos y agua por hidrocarburos y evaluar la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación.
Y.P.F.B.	Proyecto de Mejoramiento de la Calidad Ambiental de Pozos Abandonados Campo Sanandita	Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos- Andina	2011	A través de este servicio se realizó la descontaminación de 6580,06 m ³ de suelo a través de metodología de tratamiento ex Situ y 4.700 m ³ de suelo a través de metodología de tratamiento in Situ, logrando un total de 11.280,06 m ³ de suelo remediado en los pozos mencionados.

Fuente: Elaboración propia en base a planillas de campo de YPFB.

1.1.1 SITUACIÓN PROBLÉMICA

El primer fenómeno que puede observarse cuando ocurre un derrame que provoca un impacto ambiental negativo, es la tendencia del hidrocarburo a extenderse sobre la superficie sin tener límite cada vez van creciendo la contaminación, con el pasar del tiempo estos hidrocarburos tienden a solidificarse y formar grumos de alquitrán lo cual llega a formar una zona de suelo infértil.

Existe fallos en el equipo e infraestructura: detallando la existencia de, corrosión de tuberías, tanques y equipos, fallas en las válvulas de seguridad, desgaste de equipos de bombeo, también existe errores humanos como ser, operaciones incorrectas durante la perforación, la producción o el mantenimiento, falta de capacitación del personal en procedimientos de seguridad y descuido en la inspección y mantenimiento preventivo.

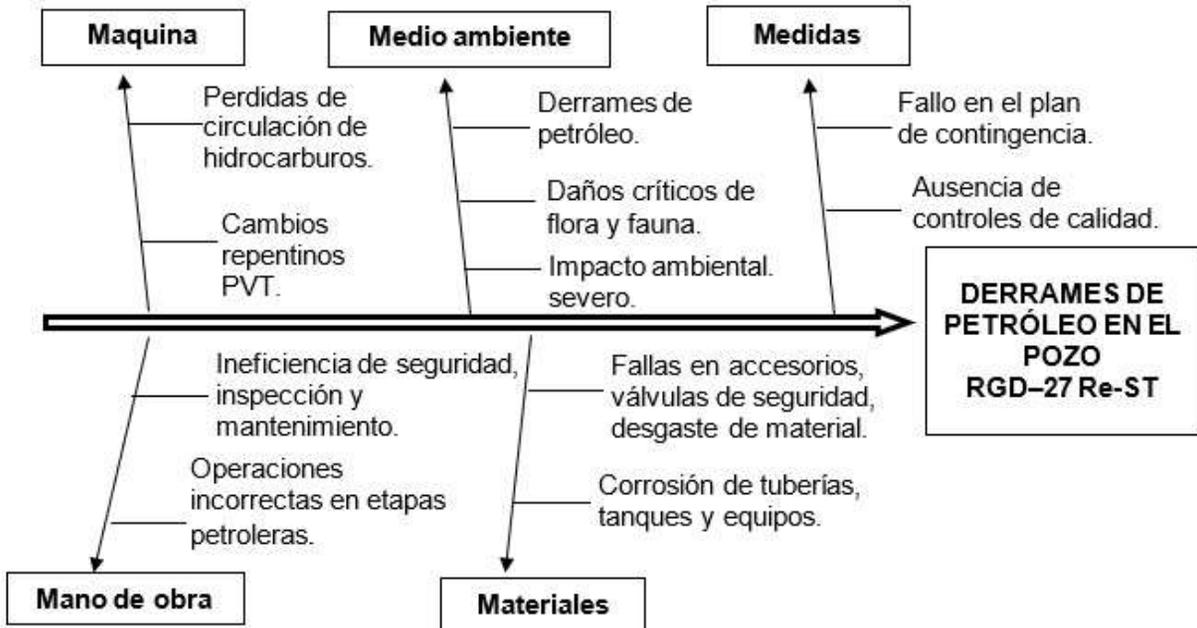
Existe ineficiencia de sistemas de seguridad, esto da lugar a la existencia de ausencia o insuficiencia de barreras de contención e inadecuados sistemas de monitoreo y detección de fugas. El mantenimiento deficiente causa: retrasos en la inspección y reparación de equipos y uso de materiales o equipos de baja calidad.

El impacto ambiental que se tendrá en el agua, aire, daños a la flora y fauna son los principales daños ambientales que existen en el derrame de petróleo en el pozo “Rio Grande – 27 Re-ST”

En Bolivia no se considera de gran importancia estas contaminaciones lo pasan desapercibidos pero lo correcto sería aplicar esta técnica de sembrar bacterias explicado por el centro nacional de biotecnología en España el 2021, que su función principal es que vayan degradando lo contaminado y así recuperar subsuelo y vuelva a ser fértil otra vez y mejorar el medio ambiente.

Figura 1:

Diagrama de causa y efecto.



Fuente: Elaboración Propia en base a planillas de campo de YPFB LOGISTICA.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la mejor alternativa para poder realizar una evaluación de impacto ambiental por derrame de petróleo en el pozo Rio Grande – 27 Re-ST?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Realizar una evaluación de impacto ambiental por derrame de petróleo ocasionado por el pozo Rio Grande -27 Re-ST

1.2.2 Objetivos Específicos

► Describir de forma detallada el sistema petrolero, exploración, perforación y producción.

- ▶ Identificar las causas y consecuencias del derrame de petróleo en el Pozo “Rio Grande–27 Re-ST”
- ▶ Analizar la herramienta de evaluación de impacto ambiental, matriz Leopold, derrames de petróleo en el pozo “Rio Grande–27 Re-ST”
- ▶ Proponer una técnica de biorremediación para eliminar la contaminación de suelos por derrames de petróleo en pozos petroleros.
- ▶ Procedimiento de un plan de contingencias en caso de un derrame de petróleo en el pozo Rio Grande -27 Re-ST

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Técnica

La propuesta de una evaluación para suelos contaminados por derrame de petróleo por el pozo 'Río Grande-27 Re-ST' se fundamenta en la necesidad imperativa de salvaguardar tanto el ecosistema local como los intereses de las comunidades circundantes frente a los riesgos asociados con las operaciones petroleras. Esta evaluación busca primeramente las causas y consecuencias por las que ocurre un derrame de petróleo, para luego poder establecer medidas preventivas y procedimientos de respuesta eficaces para mitigar los riesgos de derrames de petróleo, protegiendo así la integridad del medio ambiente, la salud pública y la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en la región. Además, la evaluación de técnicas contra la contaminación de suelos reafirma nuestro compromiso con los más altos estándares de responsabilidad social y ambiental, fortaleciendo la confianza de las partes interesadas y contribuyendo positivamente al desarrollo sostenible de la industria petrolera en la zona.

1.3.2 Justificación Económica

La propuesta de una evaluación para suelos contaminados por derrame de petróleo por el pozo 'Río Grande-27 Re-ST' se presenta como una inversión estratégica que busca identificar y mitigar los riesgos financieros asociados con los derrames de

petróleo. Al implementar medidas preventivas y técnicas de respuesta eficientes, reducimos la probabilidad de incidentes costosos y minimizamos el impacto económico derivado de posibles sanciones, costos de limpieza y remediación, litigios y pérdida de ingresos.

1.3.3 Justificación Ambiental

El impacto ambiental por actividades relacionadas con hidrocarburos específicamente por la explotación y extracción de hidrocarburos es un proceso que ocasiona considerables problemas al ecosistema a largo plazo, causando degradación y destrucción en el medio ambiente. Mediante este estudio podremos controlar, desarrollar estrategias coherentes y adecuadas para reducir la contaminación del ecosistema.

1.3.4 Justificación social

La propuesta de una evaluación para suelos contaminados por derrame de petróleo por el pozo 'Río Grande-27 Re-ST' se fundamenta en nuestro compromiso con la protección y el bienestar de las comunidades locales y el entorno natural en el que operamos. Reconocemos la importancia de salvaguardar la salud y la calidad de vida de quienes residen en las cercanías del pozo. Estudiar una técnica para combatir la contaminación de suelos que ayuda a cuidar el medio ambiente también se harán nuevas contrataciones de personal que ayudara a la comunidad con fuentes laborales.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Métodos

La propuesta de investigación engloba como metodología un paradigma positivista o naturalista, tiene como finalidad una “Evaluación del impacto ambiental por derrames de petróleo por el pozo 'Río Grande-27 Re-ST’”, por tanto, se analiza las características, etapas, fenómenos, descripción de los derrames de petróleo en pozos petroleros. La propuesta de investigación tiene un enfoque de carácter mixto, en el método cualitativo se va realizar un análisis de los datos obtenidos de la empresa

operadora YPFB ANDINA S.A en el pozo Rio Grande–27 Re-ST, se obtendrá información técnica, con el uso de la observación directa, ya que nos facilita a poder describir los equipos, herramientas, accesorios, procesos, infraestructura, etc. El uso del método cuantitativo nos facilita para la determinación de cálculos matemáticos, datos históricos numéricos, estimación de volúmenes de derrames, caudales de producción, entre otros.

La investigación es de tipo descriptivo porque se va describir de forma detallada el sistema petrolero, exploración, perforación, producción y transporte, posteriormente se realiza la Identificación de las causas y consecuencias del derrame de hidrocarburos en pozos petroleros. Se va analizar la herramienta de evaluación de impacto ambiental, matriz Leopold, Derrames De Petróleo En El Pozo “Rio Grande–27 Re-St” Finalmente se va estudiar técnicas contra la contaminación de suelos para derrames en pozos petroleros, la propuesta es de diseño no experimental transversal, porque no se va manipular las variables técnicas de ingeniería ya que no somos parte del personal de trabajo, se hará el uso de una observación directa a los problemas que ya existen en el pozo de estudio y de esta manera poder desarrollar un análisis y posteriormente una propuesta.

1.4.2 Técnicas e Instrumentos

Se hará el uso de una técnica documental contando con instrumentos de recopilación de información, obtenida de YPFB ANDINA S.A, Petrolog, Marriot Drilling, Halliburton planillas de campo, videos, fotografías, encuestas, plan de trabajo y noticias del pozo petrolero “Rio Grande–27”

CAPITULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Definición Del Petróleo

El petróleo es un aceite natural formado por una mezcla heterogénea de hidrocarburos (compuestos de Carbono e Hidrógeno) provenientes de restos orgánicos fósiles, acumulados por millones de años debajo de los océanos o continentes y sometidos a procesos químicos, de presión y temperatura. Se encuentra depositado en formaciones geológicas, constituidas por rocas subterráneas porosas y permeables que constituyen los yacimientos petrolíferos. (Riego, 2018)

2.1.1.1 Origen del Petróleo

El petróleo es uno de los hidrocarburos de origen fósil, fruto de la transformación de materia orgánica procedente de zooplancton y algas que depositados en grandes cantidades en fondos anoxicos de mares o zonas lacustres del pasado geológico, que posteriormente fueron enterrados bajo pesadas capas de sedimentos. (Riego, 2018)

2.1.1.2 Hidrocarburos

Los hidrocarburos son un grupo de compuestos orgánicos principalmente carbono e hidrogeno. Aunque se pueden destilar de otros compuestos, generalmente se extraen del subsuelo en forma de petróleo “liquido”, condensados y líquidos del gas natural “liquido por condensación”, gas natural “gaseoso” e hidratos de metano “solidos”. (Riego, 2018)

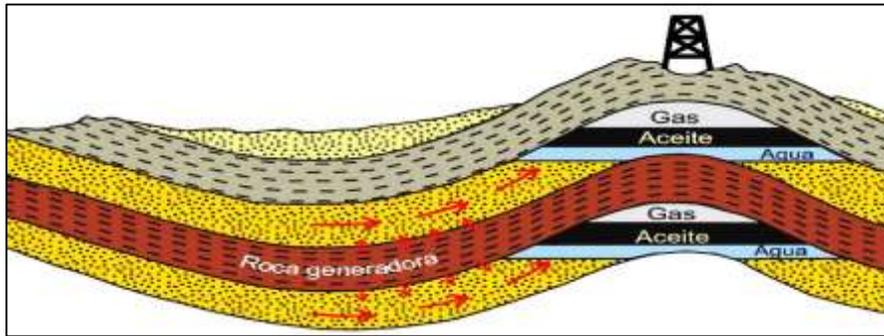
2.1.2 Sistema Petrolero

Para que haya un yacimiento de hidrocarburos “petróleo o gas” hace falta una roca madre o generadora, una roca almacén y una roca sello. Además, es preciso que hubiera ocurrido un proceso generador de trampas estratigráficas o trampas estructurales, junto con un proceso de migración y acumulación de hidrocarburos en las mencionadas trampas. El concepto comprende todos los elementos, procesos necesarios y en el orden adecuado, para que los hidrocarburos se generen, se

acumulen y queden preservados. Este sistema es una interdependencia entre elementos y procesos que sin ellos es imposible tener un yacimiento de hidrocarburos convencional. (Millan, 2015, págs. 10-12)

Figura 2:

Yacimiento de hidrocarburos convencional.



Fuente: Obtenido de elementos principales del sistema petrolero, 2013

2.1.3 Clasificación De Los Yacimientos

El yacimiento de hidrocarburos es una acumulación de gas-petróleo en las rocas del subsuelo, formado por plegamientos o deslizamientos, como resultado de fenómenos físicos y químicos que ocurrieron en la corteza terrestre hace miles de millones de años. El petróleo no forma lagos o lagunas subterráneas, siempre se encuentra impregnado en los poros de estas rocas. (PDVSA, 2017, pág. 7)

2.1.3.1 Yacimientos de hidrocarburos convencionales

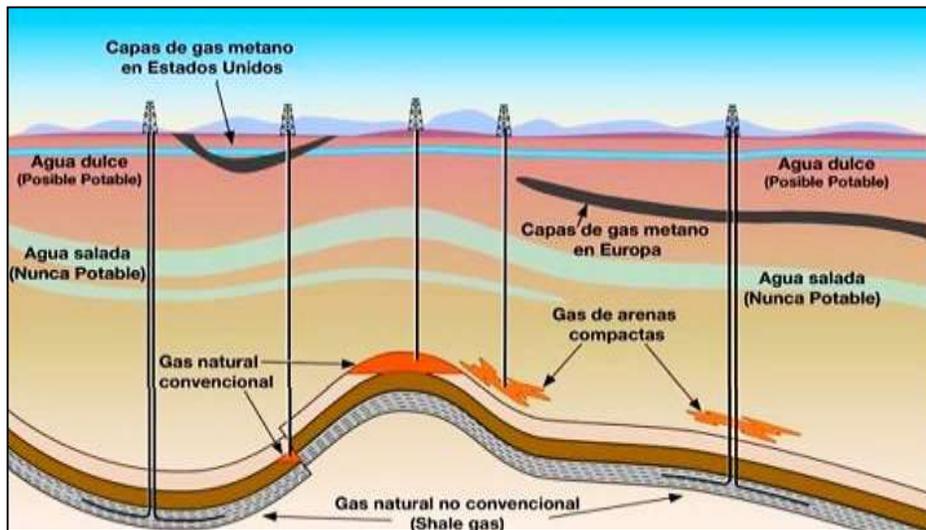
En los yacimientos convencionales, los hidrocarburos se forman en la roca generadora. La misma está compuesta por una acumulación de material orgánico y rocas que se almacenaron durante largos períodos de tiempo. Con el paso de los años y a medida que se acumula una mayor cantidad de sedimentos y rocas, se generan ciertas condiciones de presión y temperatura que hacen que la materia orgánica se transforme y descomponga, obteniendo así los hidrocarburos. Posteriormente, estos migran a través de las diferentes formaciones geológicas, hasta encontrar una roca impermeable que impida su paso, conocida como sello. (Millan, 2015, pág. 13)

2.1.3.2 Yacimientos de hidrocarburos no convencionales

Es aquel donde el hidrocarburo, gas y/o aceite permanece en la roca generadora, es decir, no migra a una roca almacenadora, a diferencia de los yacimientos convencionales. En estos casos, la roca generadora y la roca almacenadora son la misma. Para su explotación industrial, los yacimientos con permeabilidad mayor a 0,1 md se consideran convencionales y como no convencionales si su permeabilidad es menor a este valor, considerado productores de gas seco. Este tipo de yacimiento se caracterizan por tres aspectos: Los hidrocarburos no migran, los hidrocarburos se entrapan in situ y el yacimiento se autosella. La desventaja radica en que resulta más caro extraer aceite y gas, esto asociado a la mayor dificultad para extraer los hidrocarburos, a diferencia de los yacimientos convencionales que es más barato extraerlos. (Millan, 2015, pág. 13)

Figura 3:

Yacimiento de hidrocarburos no convencional.



Fuente: Obtenido de Opciones de yacimientos no convencionales, 2014

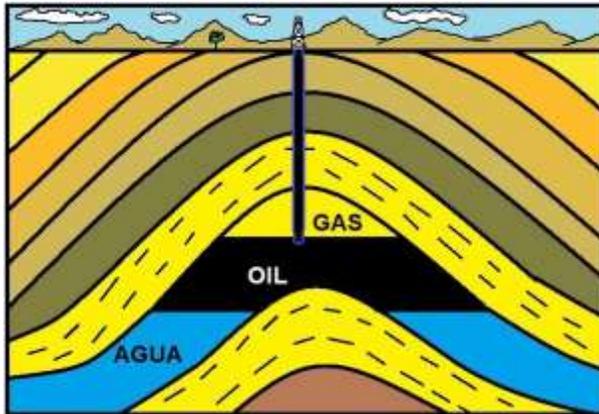
2.1.3.3 Reservorio de petróleo

El petróleo es el producto dominante y el gas está como producto secundario disuelto en cantidades que dependen de la presión y la temperatura del yacimiento. Si la temperatura del reservorio es menor que la temperatura crítica del fluido del reservorio, el reservorio es clasificado como reservorio de petróleo. (Rivero, 2007, pág.28)

► **Reservorio de gas-petróleo:** Son aquellas acumulaciones de petróleo que tienen una capa de gas en la parte más alta de la trampa. La presión ejercida por la capa de gas sobre la del petróleo es uno de los mecanismos que contribuye al flujo natural del petróleo hacia la superficie a través de los pozos. (La comunidad petrolera, 2009)

Figura 4:

Reservorio de gas-petróleo.



Fuente: Obtenido de Doll,1949.

2.1.3.4 Reservorio de gas

El fluido del yacimiento está compuesto por metano, pero se encuentran cantidades considerables de hidrocarburos pesados. Si la temperatura del reservorio es mayor que la temperatura crítica del fluido, el reservorio es considerado un reservorio de gas (Rivero, 2007, pág.33)

2.1.4 Clasificación De Pozos Petroleros

2.1.4.1 Pozos de exploración

Es aquel pozo que se perfora como investigación de una nueva acumulación de hidrocarburos, es decir, que se perforan en zonas donde no se había encontrado antes petróleo ni gas. Este tipo de pozos puede perforarse en un campo nuevo o en una nueva formación productora dentro de un campo existente. El objetivo de estos pozos es confirmar la presencia de hidrocarburos en el suelo, ya que permiten extraer datos del terreno a un bajo costo, como el tamaño, las propiedades y cómo va a producir el yacimiento.

Con los pozos exploratorios se consigue conocer mejor la geología de la zona, la perforación y, además, el diseño podrá ser más efectivo para tratar de reducir los posibles daños que se pueden producir. Si este tipo de pozo refleja datos positivos, se continúa con una fase de evaluación (pozos de evaluación) que determina la cantidad y las propiedades del hidrocarburo, para su posterior explotación. (PDVSA, Exploración de pozos petroleros, 2023)

Figura 5:

Pozos de exploración.



Fuente: Obtenido de YPF Chaco S.A, Rio Grande – 27,2021

2.1.4.2 Pozo de evaluación

Un pozo petrolero de evaluación es perforado como una etapa intermedia entre la exploración y la producción, para determinar el tamaño del campo, las propiedades del yacimiento y cómo van a producir la mayoría de los pozos. Ya que la geología del área es mejor conocida, la perforación y terminación de los pozos podrá ser mejor diseñada para reducir al mínimo los daños al yacimiento. Estos pozos mejoran la calidad de la información para permitir a los geólogos e ingenieros en yacimientos la mejor predicción de la producción a lo largo de la vida del campo. (Herbert, 2020)

2.1.4.3 Pozo de desarrollo

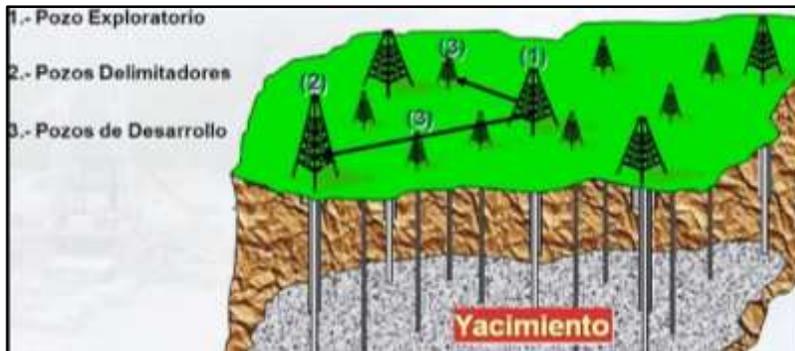
El propósito principal de estos pozos es poner en producción al campo, siendo su prioridad la producción antes que la toma de datos. Existen diferentes tipos de pozos de desarrollo los cuales son: (Herbert, 2020)

► **Pozos de producción:** son los más numerosos, el objetivo es optimizar la productividad del pozo. (Herbert, 2020)

► **Pozos de inyección:** estos pozos son menos numerosos, pero son indispensables para producir el yacimiento. En particular algunos pozos inyectoros son usados para mantener la presión del yacimiento y otros para eliminar fluidos no deseados.

Figura 6:

Clasificación de pozos petroleros.



Fuente: Obtenido de Cárdenas Vences G. y Arellano Gil j., 2008

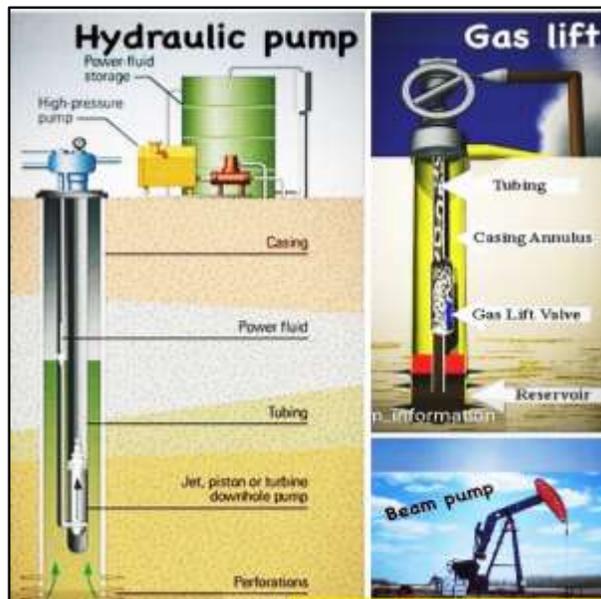
2.1.5 Operaciones de perforación de pozos petroleros

Las operaciones de perforación de pozos petroleros son un conjunto de actividades complejas que implican la creación de un pozo para extraer hidrocarburos del subsuelo. A continuación, se menciona los pasos a seguir para una operación exitosa:

- Planificación y diseño.
- Preparación del sitio.
- Perforación inicial.
- Evaluación de la formación.
- Instalación de equipos de producción. (UNAM, 2018)

Figura 7:

Equipos de producción en pozos petroleros.



Fuente: Obtenido de Alison Teles,2023.

► **Pruebas de pozos:** Se realizan pruebas para evaluar la productividad del pozo, incluida la cantidad y calidad de los hidrocarburos producidos, así como la presión y el flujo del pozo. (UNAM, 2018)

► **Completación del pozo:** Esta etapa implica la finalización de la instalación de equipos y la preparación del pozo para la producción a largo plazo. Se pueden realizar ajustes finales en el revestimiento del pozo y se instalan sistemas de control de flujo. (UNAM, 2018)

2.1.5.1 Tipos de perforación de pozos petroleros

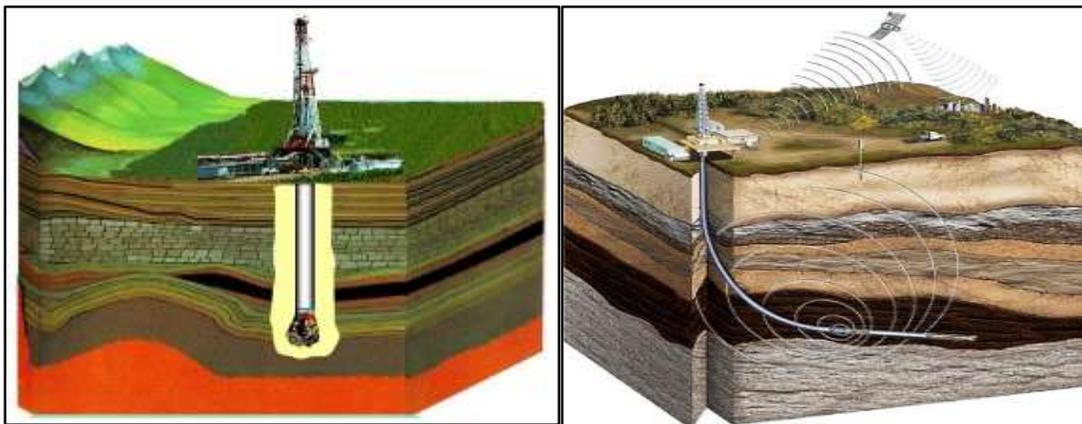
La perforación de pozos petroleros depende de varias razones, entre ellas se encuentra: el área geográfica, las características y estructura del yacimiento, la columna geológica y la optimización de la producción del yacimiento al mínimo costo. Debido a esto, los pozos se pueden clasificar en:

► **Pozo verticales:** Estos pozos son los más comunes dentro de la industria petrolera siendo esto por las siguientes razones: su perforación es la más sencilla, son los menos costosos, su operación es simple, diseño óptimo para fracturamiento hidráulico, Ideales para yacimientos de espesor homogéneo. (Eatic, 2016)

► **Pozos horizontales:** La perforación de estos pozos es debida principalmente a las siguientes razones: yacimientos de poco espesor, o columnas de aceite de poco espesor, para minimizar bajas en la producción no es demasiada baja, y no hay barreras significativas a la permeabilidad vertical, para minimizar la perforación de pozos para el desarrollo de un campo, en yacimientos fracturados donde un pozo horizontal da una mejor oportunidad de interceptar las fracturas, para yacimientos propensos a la conificación de agua y para yacimientos propensos a la producción de arena. (Eatic, 2016)

Figura 8:

Pozo vertical y horizontal en perforaciones petroleras.



Fuente: Obtenido de equipos de perforación, Angel Bandeira, 2020.

► **Pozos desviados:** La ingeniería de perforación de estos pozos puede ser usada para muchos de los propósitos de los pozos horizontales y adicionalmente para: yacimientos de espesor grande donde la relación λ es baja, y/o existen barreras significativas a la permeabilidad vertical, yacimientos lenticulares y yacimientos en capas. (Eatic, 2016)

2.1.6 Operaciones De Producción En Pozo Petroleros

Es la fase durante la cual se busca extraer el hidrocarburo (petróleo y gas) desde un yacimiento hasta el pozo y de allí a la superficie; donde se separan, tratan, almacenan, miden y transportan para su posterior utilización, la producción forma parte de la cadena de actividades que realiza la industria petrolera. La producción, también llamada extracción, pasa por tres pasos esenciales:

- ▶ Comprobar la existencia de yacimientos de hidrocarburos en una región determinada, mediante la investigación geológica y geofísica, además de la perforación de pozos exploratorios.
- ▶ Determinar el área del yacimiento o yacimientos descubiertos por los pozos exploratorios, a través de la perforación de pozos de avanzada, que definirán los límites geográficos del yacimiento, aportando datos valiosos acerca del subsuelo de la región y los fluidos que contienen las rocas.
- ▶ Calcular el valor comercial del volumen recuperable de hidrocarburos. Si el estudio económico arroja resultados satisfactorios, se continúa la perforación de pozos de desarrollo y se construyen las instalaciones de superficie. (PDVSA, 2017)

2.1.7 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es el proceso de determinación de impactos ambientales ocasionados por las diversas actividades de un proyecto. Estos pueden ser positivos o negativos y de diferencia importancia y magnitud. El objetivo último de esta evaluación consiste en el desarrollo de un plan de gestión que permita prevenir, controlar, eliminar o mitigar los impactos negativos identificados y maximizar los positivos. Para la evaluación existen diversas herramientas de fácil aplicación y de mucha utilidad, entre las cuales se encuentran los métodos matriciales Causa - Efecto y Efecto y Leopold. (Alvarado Perez, 2015)

2.1.8 Matriz Leopold

La matriz fue diseñada para la evaluación de impactos asociados con casi cualquier tipo de proyecto o actividad. Su utilidad principal es incorporar información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación. El método de Leopold está basado en una matriz con las actividades que pueden causar impacto al ambiente del proyecto o actividad ordenadas en columnas y los posibles aspectos e impactos ordenados en por filas según la categoría. El principio básico del método consiste, inicialmente, en señalar todas las posibles interacciones entre las acciones y los factores, para luego establecer, en una escala que varía de 1 a 10. (Alvarado Perez, 2015)

2.1.8.1 Importancia de la Matriz de Leopold

La Matriz de Leopold ofrece varios beneficios en el proceso de evaluación y mitigación de impactos ambientales. Algunos de ellos son:

- ▶ **Enfoque sistemático:** La Matriz de Leopold proporciona una estructura y un enfoque sistemático para evaluar los impactos ambientales, lo que garantiza que se tengan en cuenta todos los aspectos relevantes y se tomen las decisiones informadas.
- ▶ **Identificación temprana de impactos:** Al utilizar la Matriz de Leopold, es posible identificar y evaluar los impactos ambientales desde las etapas iniciales de planificación de un proyecto. Esto permite tomar medidas preventivas y mitigar los impactos antes de que se produzcan.
- ▶ **Consideración de múltiples factores:** La Matriz de Leopold tiene en cuenta diversos factores ambientales, sociales y económicos al evaluar los impactos. Esto garantiza que se tenga una visión integral de los posibles efectos y se puedan tomar decisiones equilibradas y sostenibles.
- ▶ **Participación de múltiples partes interesadas:** La utilización de la Matriz de Leopold fomenta la participación de múltiples partes interesadas, como comunidades locales, expertos en medio ambientes y tomadores de decisiones.

2.1.9 Definición De Derrame De Petróleo

Se habla de derrame de petróleo o marea negra cuando se produce un vertido accidental de combustibles fósiles en un ecosistema. Generalmente, los vertidos de petróleo se producen en el océano, causando graves daños al medio marino y perjudicando la vida vegetal y animal. Pero, aunque suelen ocurrir en el mar, también se producen vertidos de petróleo en tierra, que también pueden tener graves consecuencias medioambientales.

Por lo general, los derrames de petróleo son el resultado del vertido accidental de crudo desde un petrolero, una plataforma de perforación, un pozo o una plataforma en alta mar. Tienen graves repercusiones financieras, económicas y medioambientales y se consideran catástrofes graves. Afortunadamente, la incidencia de los vertidos de petróleo ha disminuido drásticamente en los últimos años, debido sobre todo al aumento de la prevención de vertidos por parte de las organizaciones que trabajan en industrias de alto riesgo. (MOLDEX, 2020)

Figura 9:

Derrame de petróleo, rotura de cañerías en río Napo y Coca de Ecuador.



Fuente: Obtenido de Montagabay periodismo ambiental, 2018

2.1.9.1 Causas por las que se produce un derrame de petróleo

Un vertido de petróleo puede producirse de muchas maneras, pero suele ser el resultado de un accidente en el que se ven implicados petroleros, oleoductos, refinerías, barcazas, instalaciones de almacenamiento, etc. Los vertidos pueden deberse a errores humanos, descuidos, daños en los equipos, catástrofes naturales e incluso actos deliberados de vándalos, terroristas o guerras. (MOLDEX, 2020)

Dado que son muchas las causas potenciales de un vertido de petróleo, las organizaciones que trabajan con petróleo deben seguir todas las mejores prácticas para evitarlo. Esto incluye inspeccionar periódicamente los equipos, asegurarse de que todo el mundo tiene la formación adecuada, inculcar una cultura que fomente la prevención de vertidos de petróleo y vigilar de cerca todas sus instalaciones. (MOLDEX, 2020)

2.1.9.2 Principales consecuencias de un derrame de petróleo

La primera y más importante consecuencia de los derrames de petróleo es la forma en que puede dañar los ecosistemas. El crudo y los productos refinados del petróleo no abundan de forma natural en ningún ecosistema. Así, el vertido repentino de una gran cantidad de petróleo en un ecosistema puede causar trastornos y afectar a la vida vegetal y animal.

Por ejemplo, tras el vertido inicial, los animales pueden quedar atrapados en el petróleo y morir a consecuencia de ello. El petróleo puede penetrar en el pelaje de los mamíferos y en el plumaje de las aves, lo que reduce su capacidad de aislamiento y los hace más vulnerables a las temperaturas. Además, el propio petróleo puede envenenar o contaminar la vida vegetal y marina, haciendo que los alimentos no sean seguros para el consumo. (PROSERTEK, 2023)

2.1.9.3 Donde suelen producirse los derrames de petróleo

Los vertidos suelen producirse en el mar, y cuando esto ocurre, se denomina vertido marino de petróleo. Sin embargo, también existen vertidos de petróleo que pueden producirse en tierra, causando tantos daños como un vertido marino. Los vertidos de

petróleo pueden producirse en cualquier lugar donde se extraiga, procesos, almacenes o transporte petróleo. El Golfo de México es conocido por ser el lugar donde con más frecuencia se producen vertidos de petróleo debido a la cantidad de actividades relacionadas con el petróleo que se desarrollan en la zona. Los vertidos de petróleo son más probables en zonas donde se procesa, transporta y extrae mucho petróleo. Por ello, es importante extremar la vigilancia en este ámbito para reducir al mínimo el riesgo de vertidos de petróleo.

2.1.9.4 Tipos de contaminación por derrames de petróleo

► **Contaminación de derrames de petróleo en los suelos:** Los suelos contaminados con petróleo, muestran un gran incremento en materia orgánica y nitrógeno, comparado con los suelos normales. La contaminación de suelos por contaminantes orgánicos es generada por productos derivados del petróleo, provocados en fosas de pozos petroleros, descargas de instalaciones de procesamientos. Rotura de oleoductos y accidentes durante la transportación. El suelo al estar contaminado con petróleo produce la adicción descontrolada de carbono perdiendo la fertilidad del suelo al disminuir las concentraciones de nitrógeno, fósforo, sodio, potasio, que provocan efectos adversos sobre las plantas. La presencia de estos contaminantes ha dado lugar al bajo rendimiento en cosechas, y posibles consecuencias perjudiciales para los seres humanos y el ecosistema entero. (Colwell, 1990)

Efectos físicos del suelo más afectados por derrame de petróleo son: Problemas con la flora y fauna de la zona, envenenamiento de organismos vivos debido a los componentes tóxicos del crudo y daños en el ecosistema y contaminación ambiental. Efectos químicos del suelo más afectados por derrame de petróleo son: Aumento de la saturación con aluminio y disminución del pH. Debido a la acumulación del carbono orgánico y generación de ácidos orgánicos y Modificación de la comunidad bacteriana y reducción de su diversidad por selectividad de grupos funcionales. (Colwell, 1990)

Figura 10:

Contaminación de derrames de petróleo en los suelos.



Fuente: Obtenido de YPFB REFINACIÓN S.A., 2018

► **Contaminación de derrames de petróleo en aguas:** Los ecosistemas acuíferos ofrecen una gran diversidad de recursos entre estos tenemos mares, lagos, lagunas, ríos y humedades los cuales sirven en gran medida como un importante modo de transporte en el ciclo industrial del petróleo. La mayor parte de la causa de estos derrames se da producto de la extracción del material en el sector industrial y transporte, aun así, no son los únicos que contaminan. (Colwell, 1990)

Figura 11:

Contaminación de derrames de petróleo en aguas.



Fuente: Obtenido de El Golfo de Morrosquillo, 2014.

2.1.9.5 Evento histórico de derrame de petróleo en Latinoamérica

Si bien estamos muy lejos de afirmar que los derrames de petróleo son algo normal y corriente, sí podemos decir que suceden con cierta frecuencia y son producto, mayormente, de la negligencia humana.

► Yacimiento petrolífero Vaca Muerta

El yacimiento petrolífero Vaca Muerta es uno de los depósitos de hidrocarburos no convencionales más grandes del mundo, ubicado principalmente en la provincia de Neuquén, Argentina. Su nombre, que en español significa "vacas muertas", proviene de una historia local que cuenta que las vacas que se acercaban al área morían debido a la falta de agua. Siguiendo con los ejemplos, no podemos pasar por alto la contaminación del suelo por petróleo. Un ejemplo de ello es el yacimiento petrolífero argentino llamado Vaca Muerta. En solo 10 meses, durante 2018, se registraron más de 900 derrames de petróleo, poniendo en alerta a las organizaciones ambientales de todo el mundo. (Management, 2023)

Figura 12:

Derrame de petróleo en yacimiento no convencional Vaca Muerta.



Fuente: Obtenido del Periódico la Nación, 2022

2.1.10 Marco Normativo

2.1.10.1 Decreto supremo 28397, 6 de octubre 2005, Actividades De Exploración Y Explotación De Hidrocarburos

ARTÍCULO 147° (Producción en general): Las instalaciones de producción serán mantenidas en condiciones técnicamente adecuadas para niveles óptimos de producción, caso contrario deben ser retiradas. (Constitucion De La Republica De Bolivia, 2005, pág. 27)

ARTÍCULO 150° (Equipos de producción): Los equipos de producción por gas lift deben tener la capacidad para producir hasta el máximo volumen de fluido de los pozos. Asimismo, deberán tener instalados medidores de gas para determinar los volúmenes de gas empleados en las operaciones de gas lift. (Constitucion De La Republica De Bolivia, 2005, pág. 27)

2.1.10.2 Decreto Supremo 24335, 19 de julio 1996, Reglamento Ambiental Para El Sector Hidrocarburos (RASH)

ARTÍCULO 36° (Técnicas generales): La responsable debe asegurar que las emisiones de ruidos originados en instalaciones industriales, no excedan los límites establecidos en el artículo 52 del reglamento en materia de contaminación atmosférica de la Ley del Medio Ambiente. En las áreas de operación de las instalaciones industriales la responsable debe proveer a los empleados de equipos de protección auditiva. (Constitucion De La Republica De Bolivia, 1996, pág. 9)

ARTÍCULO 40° (Prospección superficial): Para el manejo de desechos y residuos líquidos, la responsable deberá elaborar registros en libretas específicas, con el propósito de contar con un adecuado control de todos los materiales peligrosos usados, almacenados y dispuestos fuera del sitio. (Constitucion De La Republica De Bolivia, 1996, pág. 10)

2.1.11 Marco legal

2.1.11.1 Ley N° 3058, 17 de mayo 2005, Ley De Hidrocarburos

ARTÍCULO 43° (Explotación de hidrocarburos mediante el uso de técnicas y procedimientos modernos, quema y venteo de gas): La explotación de hidrocarburos en los campos deberá ejecutarse utilizando técnicas y procedimientos modernos aceptados en la industria petrolera, a fin de establecer niveles de producción acordes con prácticas eficientes y racionales de recuperación de reservas hidrocarburíferas y conservación de reservorios. (Constitucion Politica Del Estado, 2005, pág. 12)

2.1.11.2 Ley N° 1333, 27 de abril 1992, Ley Del Medio Ambiente

ARTÍCULO 19° (Calidad ambiental): Son objetivos del control de la calidad ambiental. Preservar, conservar, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales a fin de elevar la calidad de vida de la población, normar y regular la utilización del medio ambiente y los recursos naturales en beneficio de la sociedad en su conjunto, prevenir, controlar, restringir y evitar actividades que conlleven efectos nocivos o peligrosos para la salud y/o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales. (Republica De Bolivia, 1992, pág. 4)

ARTÍCULO 52° (Flora y la fauna silvestre): El estado y la sociedad deben velar por la protección, conservación y restauración de la fauna y flora silvestre, tanto acuática como terrestre, consideradas patrimonio del estado. (Republica De Bolivia, 1992, pág. 8)

2.1.12 MARCO CONTEXTUAL

2.1.13 Información General Del Departamento De Santa Cruz

El departamento de Santa Cruz es uno de los nueve departamentos en que se divide Bolivia. Su capital y ciudad más poblada es Santa Cruz de la Sierra. Es el departamento en mayor importancia económica de Bolivia y está ubicado al este del país, limitando al norte y este con la República Federativa de Brasil, al sur con la República del Paraguay, al suroeste con el departamento de Chuquisaca, al oeste con el departamento de Cochabamba y al noroeste con el departamento del Beni. Con 370 621 km² es el departamento más extenso del país, así como el más poblado, con una población proyectada de 3 514 344 habitantes para el 2022,7desplazando al departamento de La Paz en el año 2012. (GAMSC, 2015)

Figura 13:

Departamento de Santa Cruz.



Fuente: Obtenido de Gobernación municipal autónoma de Santa Cruz, 2015

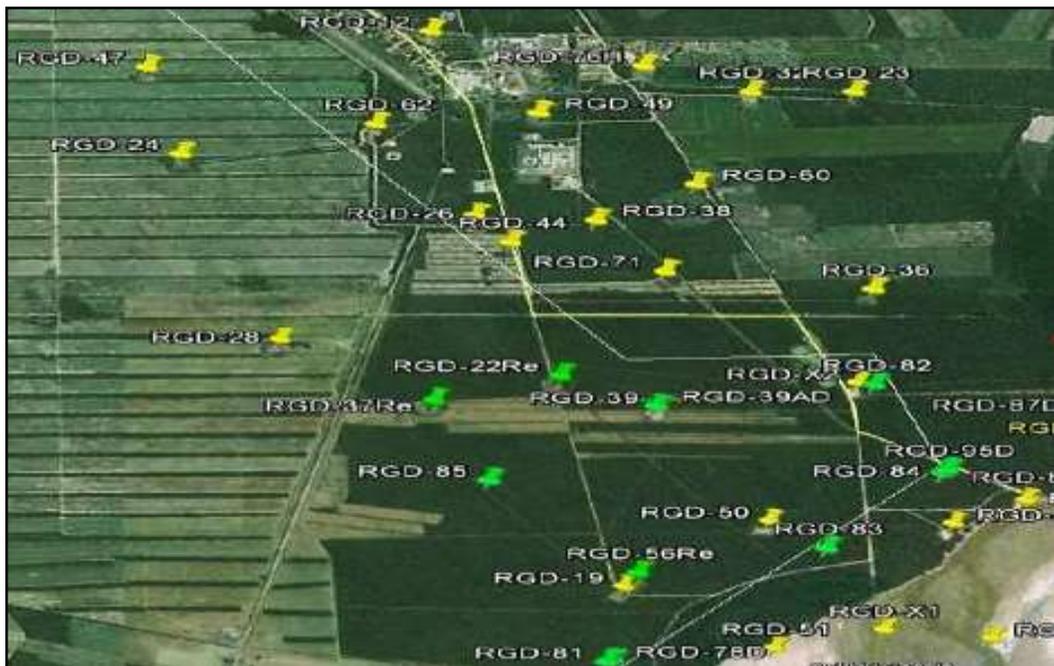
2.1.14 Ubicación Del Campo Rio Grande

El Campo Rio Grande se ubica en la Provincia Cordillera del Departamento de Santa Cruz. Geológicamente la estructura de Río Grande se sitúa en el límite de la zona deformada de pie de monte, donde la misma está influenciada y controlada por la tectónica compresiva de la deformación Andina.

El campo Río Grande se encuentra ubicado a 61 Km. al sud-este de la ciudad de Santa Cruz, Se encuentra ubicado dentro del área de Contrato Rio Grande y cerca al límite de formación influenciada por la tectónica del Subandino. forma parte del Área Centro “Bloque Grigota” junto con los campos Los Sauces y La Peña. (YPFB ANDINA , 2016)

Figura 14:

Ubicación del campo Río Grande.



Fuente: Obtenido de Programa De Perforación, Rio Grande, YPFB ANDINA,2015

2.1.15 Información General Del Pozo Rio Grande–27 Re-ST

El pozo petrolero Rio Grande–27 "Re-ST" es un tipo de pozo para la producción de hidrocarburos. "Re-ST" se refiere a "Re-Stimulation" (Re- estimulación en español), lo que significa que es un pozo que ha sido sometido a un proceso de estimulación adicional después de haber sido perforado inicialmente y haber disminuido su producción. La re-estimulación implica la aplicación de técnicas para aumentar la producción nuevamente. Esto puede incluir fracturamiento hidráulico, acidificación, o la aplicación de otros fluidos y agentes químicos para mejorar el flujo de petróleo o gas desde la formación rocosa hacia el pozo.

A continuación, se observa que el pozo Rio Grande–27 "Re-ST", se encuentra a pocos kilómetros de la planta separadora de Rio Grande que fue entregado la gestión 2013 por YPFB CORPORACIÓN.

Figura 15:

Ubicación del pozo Rio Grande–27 "Re-ST"



Fuente: Obtenido de manual del Pozo Rio Grande, YPFB ANDINA, 2015

A continuación, se detalla datos más relevantes del pozo de estudio de investigación.

Tabla 2:

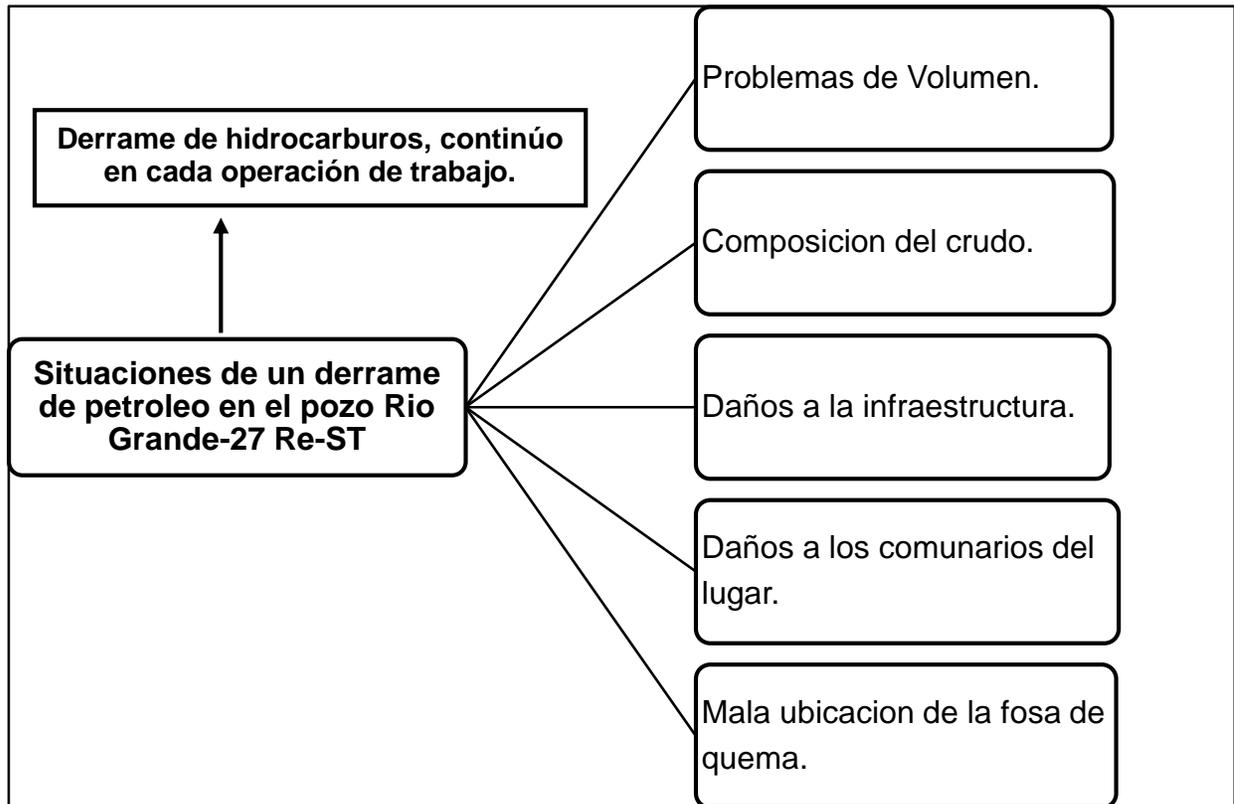
Información general del Pozo Rio Grande–27.

Pozo Rio Grande–27 "Re-ST"	
Nombre del campo	Rio Grande
Nombre del pozo	RDG – 27
Tipo de pozo	Gasífero
Perforación concluida	Año 2000
Profundidad final	2600 metros
Tipo de terminación	Simple
Arena productora	Petaca, Taiguati
Densidad de lodo	8,7 PPG
Tipo de lodo	Base agua
Compañía	YPFB ANDINA S.A.
Empresa Lab. químicos	Petrolog
Empresa perforación	Marriott
Empresa Cementación	Halliburton
Empresa de equipos	Equipetrol

Fuente: Elaboración propia, registros de campo, YPFB ANDINA,2015

2.2 ANÁLISIS Y DATOS OBTENIDOS

A continuación, se realizará un diagrama de bloques para identificar las situaciones en las existen derrames de petróleo en el pozo Rio Grande-27



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de investigación.

2.2.1 Análisis Del Derrame De Petróleo En El Pozo "RIO GRANDE-27 Re-ST"

► **Problemas de volumen:** inicialmente se hablaba de 50 - 60 barriles de petróleo derramado. En realidad, la empresa sostiene que el derrame fue de menos de lo mencionado. El gobierno no lo sabe por qué este problema puede traer problemas con la empresa operadora, personal de trabajo y muchos otros factores más. Se considera una duración del derrame, entre 22 y 32 horas. A continuación, se muestra una figura evidenciando que si existe derrame de petróleo en superficie.

Figura 16:

Problemas de derrame de hidrocarburos Pozo RGD-27.



Fuente: Obtenido de empresa operadora EQUIPETROL, 2021.

► **Composición del crudo:** esta información es crucial para determinar qué tan agresivo y dañino es el crudo. Debido a su importancia, esta información se ha mantenido en secreto. La única información divulgada refiere que el 60% del material derramado corresponde a crudo reducido y el 40% a componentes no contaminantes. (YPFB ANDINA , 2016)

► **Daños de infraestructura:** El petróleo derramado en toda la superficie dañan o traen problemas a los equipos, instrumentos, cabinas, bombas, piletas, torre y fosa de quema, provocando un serio daño de contaminación. Si bien al culminar un pozo, su extracción de hidrocarburos en nuestro caso un petróleo con derivados (diésel, gasolina y combustible), durante el tiempo que duro la explotación del pozo hubo derrames de diferentes cantidades en distintos sectores de toda zona operada. También recalcar que las carreteras de caminos de acceso a las comunidades existen cierta cantidad de derrames de petróleo. La contaminación puede hacer que las carreteras se vuelvan resbaladizas y peligrosas para conducir. Además, los puentes y estructuras de carreteras pueden sufrir daños debido a la corrosión causada por el petróleo. (YPFB ANDINA , 2016)

Figura 17:

Presencia de petróleo en el árbol de válvulas.



Fuente: Obtenido de empresa operadora EQUIPETROL, 2021.

► **Daños a los comunarios del lugar:** El testimonio de uno de los comunarios de la zona de Rio Grande es uno de los tantos que confirma lo que significa vivir en un lugar rodeado de pozos, piscinas y suelos manchados de petróleo, afirman que afecta a su salud, sus cultivos, medio ambiente, economía y el bienestar general.

Figura 18:

Daños a los comunarios del lugar.



Fuente: Obtenido de empresa operadora EQUIPETROL, 2021.

► **Mala ubicación de la fosa de quema:** En el Pozo RGD-27 se evidencia que existe una mala ubicación de la quema de hidrocarburos, la quema hidrocarburos emiten grandes cantidades de gases y partículas contaminantes en el aire, que causan problemas respiratorios, impacto a la calidad del aire, daño a la vegetación y daño a la salud humana.

Figura 19:

Mala ubicación de la fosa de quema.



Fuente: Obtenido de YPFB ANDINA.

A continuación, se nombra los derrames de petróleo más relevantes en el pozo de estudio.

Tabla 3:

Tipos de derrame en el pozo Pozo RGD-27.

Tipo de derrame	Descripción	Fase operativa
Mezcla de hidrocarburos	Rocas que se sustraen del subsuelo y se contaminan durante la perforación con lodos de extracción, fluidos contaminados.	Producción del pozo
Suelos contaminados	Proceso de restaurar, reparar o mejorar el pozo para aumentar su producción.	Reacondicionamiento del pozo.
Derrame de un volumen de Gal/min durante toda la fase operativa de perforación y producción.		

Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas de personal de YPFB ANDINA.

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Analizar la herramienta de evaluación de impacto ambiental, matriz Leopold, Derrames De Petróleo En El Pozo “Rio Grande–27 Re-ST”

Para aplicar la matriz de Leopold existen tres pasos en la construcción de la matriz:

- ▶ **1.** Un primer paso para la utilización de esta matriz consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual primero se consideran todas las actividades principales del proyecto que podrían provocar un impacto ambiental (columnas).
- ▶ **2.** Una vez hecho esto para todas las acciones, se tendrán marcadas las cuadrículas que representen interacciones (o efectos) a tener en cuenta. Después se marcan las cuadrículas que representen impactos posibles, se procede a una evaluación individual de los más importantes; así cada cuadrícula admite dos valores:

Magnitud: Según el número del 1 a 10, precedida por el signo (+;-) para indicar si el impacto es positivo o negativo, en el que 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado, y 1 la mínima. Se anota en la parte superior del triángulo formado por la celda con la línea diagonal.

Tabla 4:
Magnitudes matriz Leopold

Magnitud	Valor
Muy baja magnitud	1
Baja Magnitud	2
Mediana Magnitud	5
Alta magnitud	6
Muy alta magnitud	10

Fuente: Obtenido de,2015

Importancia: (ponderación), que da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones. Se anota en la parte inferior del triángulo formado por la celda con la línea diagonal. La importancia siempre será +. (Leopold, 2016)

Tabla 5:
Importancia matriz Leopold.

Importancia	Valor
Sin importancia	1
Poco importante	2
Medianamente imp	5
Importante	6
Muy importante	10

Fuente: Obtenido de Carlos Saavedra, 2015

► **3.** Como último punto se realiza un análisis a la valoración de impactos, luego de haber realizado todo el análisis anteriormente descrito.

Valoración de impactos	
Impacto Bajo	1 – 30
Impacto medio	31 – 61
Impacto Severo	61 – 92
Impacto Critico	> 93

Fuente: Obtenido de Carlos Saavedra, 2015

Como último punto se realiza un análisis a la valoración de impactos, luego de haber realizado el análisis de impacto ambiental con la herramienta de matriz de Leopold, sobre el tema de investigación, derrame de petróleo pozo RGD-27 Re-ST, se observa que se encuentra como un Impacto Severo que es aquel que causa daños significativos y duraderos en el medio ambiente y que puede tener efectos negativos tanto en la naturaleza como en las sociedades humanas. (Leopold, 2016)

Tabla 6:

Análisis de impacto ambiental pozo RGD-27 Re-St

Valoración de impactos	
Impacto Bajo	1 – 30
Impacto medio	31 – 61
Impacto Severo	61 – 92
Impacto Critico	> 93

Fuente: Obtenido de Carlos Saavedra, 2015.

Tabla 7:

Análisis de impacto ambiental con la herramienta Leopold.

MEDIO	CATEGORIAS	DESCRIPCION	CONSTRUCCIONES							INDUSTRIAL				TRANSPORTE				SUMATORIA NEGATIVOS	SUMATORIA POSITIVOS	PROMEDIOS ARITMETICOS				
			MOVIMIENTOS DE TIERRA	GENERACION DE ESCOMBROS	USO DE AGUA	PLATAFORMAS	COLOCACION DE TUBERIAS	APERTURA DE CAMINOS	EXPLOSIONES	PERFORACIONES	EXTRACCION DE HIDROCARBURI	GENERACION DE RESIDUOS SOLI	EMISION DE GASES	DERRAME DE CRUDO	GASEODUCTOS/OLEODUCTOS	MOVIMIENTO DE PERSONAL	CIRCULACION DE VEHICULOS				VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES			
ABIOTICO	AGUA	SUBTERRANEA	CALIDAD DE AGUA VERTIDA	-4	-3	-7	-8	-9		-7	-7	-9	-9	-9	-9	-8	-7	-7	6	-103	87	-16		
		SUPERFICIAL	CALIDAD DE AGUA	-3	-2	-6	-5				-7	-6	-5						-8	9	-42	52	10	
	SUELO	RELIEVE	-8	-7					-8						-7		-8	-7	-8	6	-53	39	-14	
		EROSION							-7	-7						-7		-6		7	-35	33	-2	
		FERTILIDAD									-9	-10	-9	-10					-10	7	-57	47	-10	
	ATMOSFERA	NIVELES DE RUIDO	-5				-9	-9	-8	-10	-8	-10		-10					-3	5	-72	68	-4	
		CALIDAD DEL AIRE							-8	-7	-8		-5	-9	-10				-5	6	-60	54	-6	
	BIOTICO	FAUNA	AVES, REPTILES, ET	-5		-4				-7	-8			-5	-9	-9				-4	5	-51	45	-6
		FLORA	NATIVA, AGRICOLA											-9	-7	-8				-8	3	-32	22	-10
ECONOMICO - SOCIAL	SOCIAL	SALUD								-9		-9	-9						-8	5	-35	21	-14	
		CALIDAD DE VIDA	-10																	8	-20	16	-4	
		INCREMENTO DEMOGRAFICO	-8				-8								-8		-8			5	-32	24	-8	
	ECONOMICO	EMPLEO	-7				-9								-8		-8			5	-32	24	-8	
																					-92			

Fuente: Elaboración propia en base de Jerry, 2015.

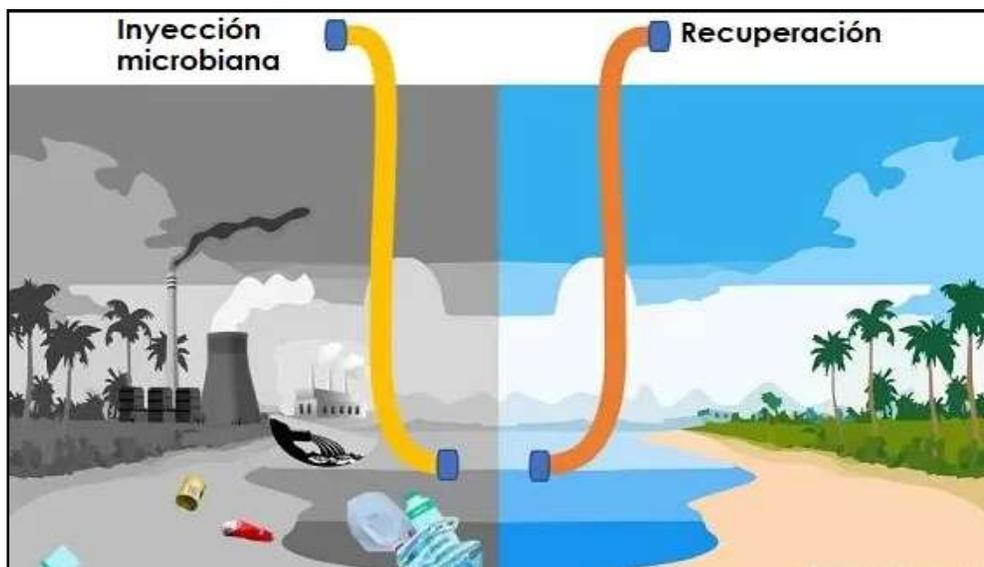
2.3.2 Técnica de biorremediación para eliminar la contaminación de suelos por derrames de petróleo en pozos petroleros

2.3.2.1 Biorremediación

La biorremediación es una división de la biotecnología que se refiere a la degradación microbiana inducida por humanos del compuesto tóxico. Emplea el uso de fauna microbiana para limpiar las zonas contaminadas. Sabemos que los microbios son la mano de obra invisible que lucha contra la contaminación. Pero esta guerra entre la contaminación y los microbios se está ejecutando muy lentamente. Debido a esto, la biorremediación se convierte aquí en un enfoque de resolución de problemas. La biorremediación mejora el crecimiento medio de la fauna microbiana. Capaz de biotransformación en el sitio de contaminación. Este crecimiento deliberado transforma las toxinas en productos inofensivos. Requiere asistencia humana adecuada y requiere un monitoreo preciso. La biorremediación es altamente efectiva para frenar los peligrosos derrames de petróleo, xenobióticos, pesticidas químicos, etc. (Mira, 2016, pág. 3)

Figura 20:

Comparación de una inyección microbiana y la recuperación del sitio



Fuente: Obtenido de mecanismos de biorremediación, 2016

2.3.2.2 Importancia de la Biorremediación

Con los avances en la ciencia y la tecnología, los seres humanos están mejorando continuamente su nivel de vida, como subproducto, producimos muchos más desechos tóxicos de los que la naturaleza puede tratar naturalmente. Después de la revolución industrial ha sido testigo de la aparición de un tóxico químico nuevo y más peligroso. En este escenario, las vías biodegradables convencionales necesitan estrategias de respaldo como la biorremediación. El proceso de biorremediación se incluye en la biología sintética y este produce potentes herramientas moleculares con fauna microbiana. Estas herramientas y sistemas de ingeniería son la adaptación biológica. Pueden abordar estos contaminantes y mantener la homeostasis ambiental de forma natural. (Mira, 2016, pág. 8)

2.3.2.3 Biorremediación en el ámbito petrolero

La descomposición del petróleo por la vía microbiana es un mecanismo ágil y seguro para eliminar la contaminación. Por esto es importante estudiar las formas por las cuales los microorganismos asimilan los compuestos del petróleo y de qué manera se puede acelerar el proceso de descontaminación. Se han desarrollado tecnologías de biorremediación en las cuales actúan microorganismos o plantas que permiten la descomposición de compuestos tóxicos. Las tecnologías de biorremediación tienen como objetivo degradar contaminantes orgánicos a concentraciones que sean de una u otra forma indetectable, o si son detectables, a concentraciones por debajo de los límites establecidos como seguros o aceptados por las agencias de regulación. (Mira, 2016, pág. 10)

Los criterios en un proceso de biorremediación son:

- ▶ Los microorganismos existentes in situ o aquellos que se vayan a agregar deben tener capacidad catabólica.
- ▶ Los microorganismos utilizados deben ser capaces de transformar los compuestos a velocidades razonables y llevar la concentración de los compuestos a niveles estándar.

- ▶ No deben generar productos tóxicos a las concentraciones finales esperadas para el desarrollo de la biorremediación.
- ▶ Las condiciones del sitio o del reactor deben ser favorables para el crecimiento o la actividad microbiana.
- ▶ El costo debe ser menor o al menos igual que el de otras técnicas para destruir el compuesto químico.

Para establecer qué técnica de biorremediación utilizar en el lugar contaminado con petróleo es importante tener en cuenta cómo asimilan los organismos el petróleo metabólicamente. El petróleo es una fuente muy rica en materia orgánica, y los hidrocarburos que contiene son fácilmente atacados aeróbicamente por una variedad de microorganismos; cuando el petróleo entra en contacto con el agua y es expuesto al aire se somete a la descomposición microbiana. Estudios realizados en lugares donde se han presentado derrames de petróleo demuestran que más del 80% de los compuestos no volátiles son oxidados por las bacterias 6 meses a un año después. Sin embargo, algunas fracciones permanecen en el ambiente por un tiempo mayor. El petróleo derramado tiende a acumularse en los sedimentos, lo que hace más difícil su degradación. (Mira, 2016, pág. 10)

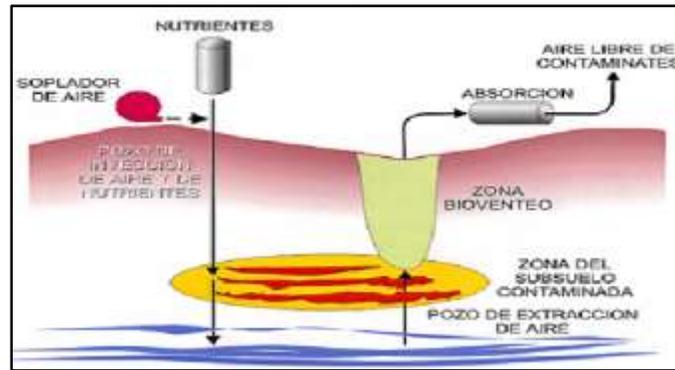
A continuación, se detalla las dos técnicas de biorremediación con el objetivo de poder conocer de forma detallada las técnicas para poder aplicarlas de manera correcta en caso de un derrame de petróleo, en el presente trabajo de investigación se propone y se enfatiza la aplicación de la técnica de biorremediación in situ de biolabranza

2.3.2.4 Biorremediación in situ

Permite tratar el suelo sin necesidad de excavar o transportar, dando como resultado una disminución de los costos. Sin embargo, este tipo de tratamientos generalmente requiere de periodos de tratamiento más largos, es menos seguro en cuanto a la uniformidad del tratamiento debido a la heterogeneidad propia del suelo ya que es más difícil verificar la eficacia del proceso. (Mira, 2016, pág. 4)

Tabla 8:
Tratamientos in situ tecnológico Bioventeo

BIOVENTEO



Descripción

Es una tecnología relativamente nueva, cuyo objetivo es estimular la biodegradación natural de cualquier compuesto biodegradable en condiciones aerobias. El aire se suministra en el sitio contaminado a través de piezómetros de extracción, por movimiento forzado (extracción o inyección), con bajas velocidades de flujo, con el fin de proveer solamente el oxígeno necesario para sostener la actividad de los microorganismos degradadores.

Aplicaciones

Se ha utilizado con éxito para remediar suelos contaminados con HTP, solventes no clorados, pesticidas y conservadores de la madera, entre algunos otros químicos.

Limitaciones

Algunos factores que pueden limitar la efectividad del bioventeo según son: el tipo y la concentración del contaminante, falta de nutrientes, bajo contenido de humedad, dificultad para alcanzar el flujo de aire necesario.

Costos y tiempos de remediación

Es una tecnología en la que los tiempos de limpieza pueden variar desde algunos meses hasta varios años, y sus costos de operación varían entre 10 y 70 USD/m³. No requiere de equipo caro, pero los costos pueden variar en función de la permeabilidad del suelo y espacio disponible.

Tabla 9:

Tratamientos in situ tecnológico Bioestimulación.

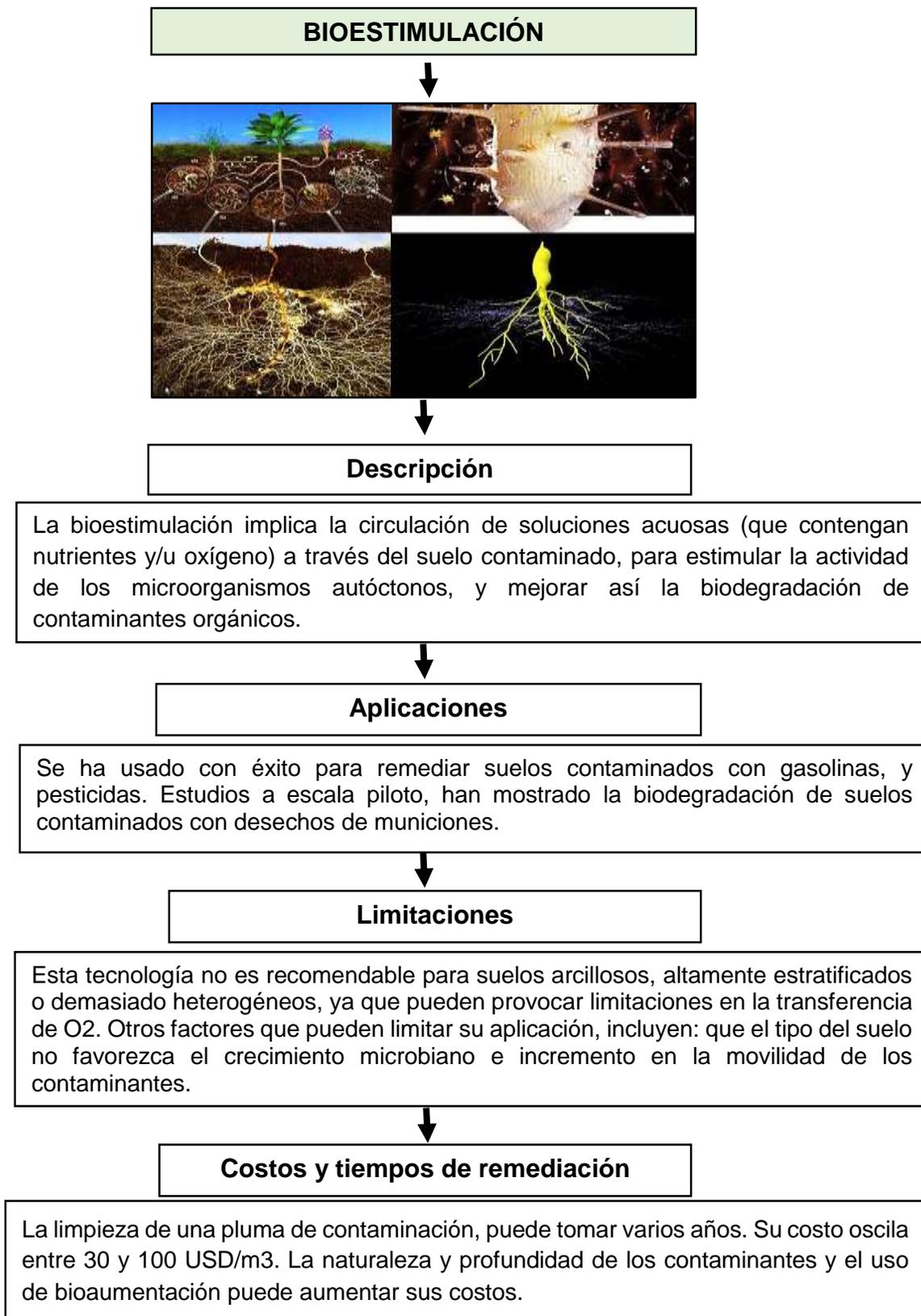
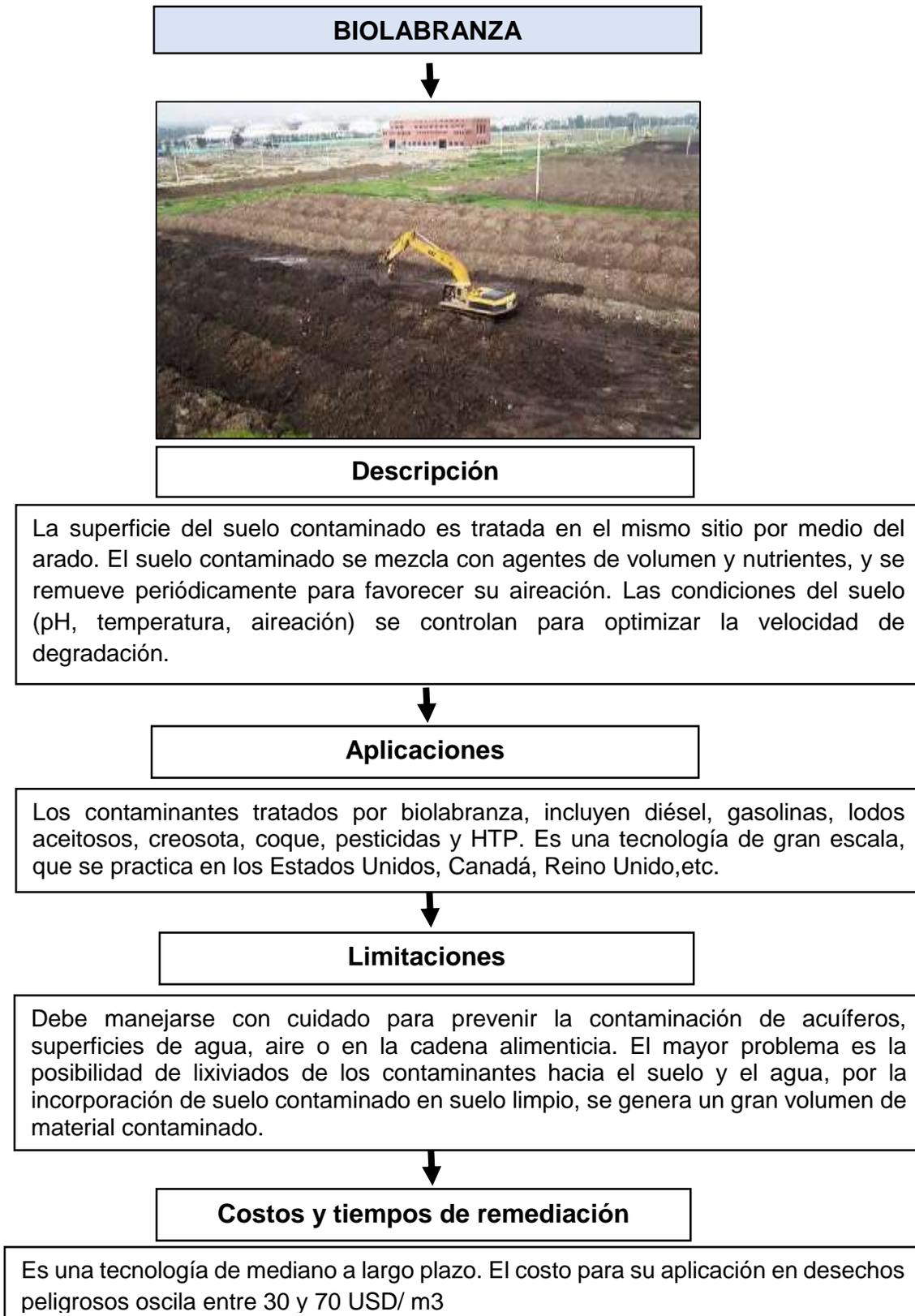


Tabla 10:

Tratamientos in situ tecnológico Biolabranza.



2.3.2.5 Biorremediación ex situ

Requieren de periodos más cortos de que los tratamientos in situ. Son más seguros en cuanto a la uniformidad del tratamiento, ya que el sistema puede homogeneizarse, protegerse y mezclarse continuamente. Otra ventaja, es que los subproductos permanecen dentro de la unidad de tratamiento hasta la obtención de productos no peligrosos. Sin embargo, los tratamientos ex situ requieren de la excavación del suelo, lo que provoca un aumento en los costos y en la ingeniería para equipos. Las tecnologías para la biorremediación de suelos ex situ, en general incluyen procesos de composteo (biopilas) y el uso de biorreactores (de lodos y en fase sólida). Los tratamientos tecnológicos ex situ más comunes son:

Tabla 11:

Tratamientos ex situ tecnológico Composteo.



Tabla 12:

Tratamientos ex situ tecnológico Biorreactores.

BIORREMEDIACIÓN EN FASE DE LODOS (BIORREACTORES)



Descripción

Pueden usarse para tratar suelos heterogéneos y poco permeables, o cuando es necesario disminuir el tiempo de tratamiento, ya que es posible combinar controlada y eficientemente, procesos químicos, físicos y biológicos, que mejoren y aceleren la biodegradación. Tecnología más adecuada cuando existen peligros potenciales de descargas y emisiones.

Aplicaciones

Los biorreactores de lodos aerobios, se utilizan principalmente para tratar reactores secuenciales de lodos aerobios/anaerobios.

Limitaciones

Algunos factores que pueden limitar el uso y efectividad de los biorreactores son: el suelo debe tamizarse, suelos heterogéneos y arcillosos pueden generar problemas de manipulación, los productos intermediarios pueden ser más tóxicos que el contaminante original (en caso de explosivos o solventes clorados)

Costos y tiempos de remediación

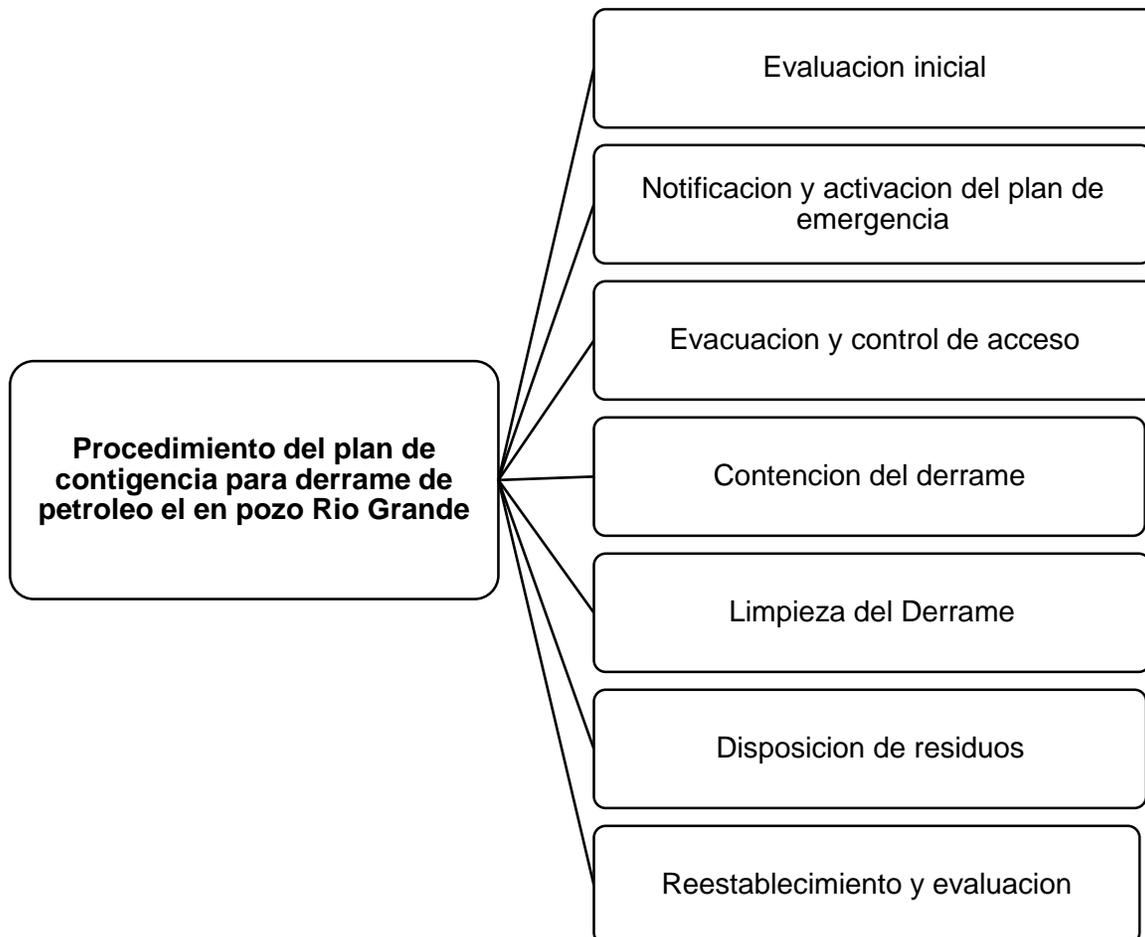
Los biorreactores de lodos pueden clasificarse como una tecnología de corto a mediano plazo. El uso de biorreactores de lodos oscila entre 130 y 200 USD/m³.

2.3.3 Procedimiento de un plan de contingencias en caso de un derrame de petróleo en el pozo Rio Grande -27 Re-ST

Un procedimiento de contingencia en caso de derrame específico para el pozo Río Grande debe estar adaptado a las particularidades de la operación del pozo, las características del entorno y las regulaciones locales. A continuación, se presenta en un diagrama de bloques los pasos a seguir para combatir un derrame de petróleo que puede ser ajustado según las necesidades específicas del pozo Río Grande

Figura 21:

Diagrama de bloques de un plan de contingencia para derrames de petróleo



Fuente: Elaboración propia en base al trabajo de investigación



**Procedimiento de un plan de contingencias en
caso de un derrame de petróleo en el pozo Rio
Grande -27 Re-ST**

Código: PPC-001
Revisión: 0
Fecha: 23/05/2024

OBJETIVO

Establecer una metodología uniforme para el manejo de un derrame de petróleo en el pozo Rio Grande-27 Re-ST por parte de la empresa YPFB ANDINA, a fin de que la evaluación, limpieza y disposición final de los residuos de petróleo se realice de manera segura y ambientalmente adecuada, con el propósito de no poner en peligro la salud humana ni provocar daño al medio ambiente

ALCANCE

El presente procedimiento aplica en todas las actividades que se presenten en el pozo Rio Grande-27 Re-St, cuando se genere algún derrame de petróleo durante el desarrollo de las actividades operativas

DEFINICIONES

Evaluación inicial

Es el proceso de recopilación y análisis de información relevante al comienzo de una situación, proyecto, intervención o incidente, con el fin de obtener una comprensión clara y precisa de las circunstancias actuales.

Plan de emergencia

Es un conjunto de procedimientos y acciones predefinidas que una organización, comunidad o individuo puede seguir para prepararse y responder de manera efectiva a situaciones de emergencia o desastres.

Evacuación

Es el proceso planificado y coordinado de trasladar a las personas de un área o edificio a un lugar seguro debido a la presencia de un peligro inminente o una situación de emergencia

Disposición Final

Se refiere al proceso de manejo y eliminación de residuos, materiales o sustancias de manera segura y conforme a las normativas vigentes, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental y proteger la salud pública.

REFERENCIA

- **Ley 1333:** Ley de Medio ambiente
- **Ley 3058:** Ley de Hidrocarburos
- **D.S. 24176:** Reglamento general de gestión ambiental
- **D.S. 24176:** Reglamento de prevención y control ambiental
- **D.S. 28397:** Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos
- **D.S. 24335:** Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburo

RESPONSABILIDAD

Gerente de Emergencias: Centraliza la toma de decisiones y la comunicación con la alta dirección y las autoridades externas.

Coordinador de Respuesta a Emergencias: Actúa como el punto de contacto entre el Gerente de Emergencias y los jefes de cada área (Operaciones, Seguridad, Medio Ambiente, Logística)

Jefe de Operaciones de Campo: Supervisa directamente las actividades en el sitio del derrame y reporta al Coordinador de Respuesta.

Ingeniero de Seguridad y Salud: Asegura el cumplimiento de los protocolos de seguridad y salud, y reporta al Coordinador de Respuesta.

Ingeniero de Medio Ambiente: Realizar una evaluación rápida del impacto ambiental inmediato del derrame, identificando áreas sensibles afectadas, como cuerpos de agua, suelos y hábitats naturales.

Coordinador de Comunicación: Maneja todas las comunicaciones externas e internas, reportando directamente al Gerente de Emergencias.

Jefe de Logística: Gestionan los recursos y aspectos financieros, reportando al Coordinador de Respuesta.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Barreras de Contención
- Bermas y Diques
- Absorbentes

- Dispersantes Químicos
- Equipos de lavado a presión
- Equipos de monitoreo
- Radios y teléfonos satelitales

EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

- Trajes impermeables
- Botas
- Guantes
- Respiradores
- Gafas de Protección

PROCEDIMIENTO

Evaluación inicial

Para llevar a cabo una evaluación inicial efectiva, aremos la detección del derrame para ello utilizaremos los sistemas de monitoreo para la determinación temprana del derrame que se produce en el pozo, luego continuaremos con una evaluación de riesgos esto con el fin de evaluar rápidamente el tipo y la cantidad del derrame, así como analizar los riesgos inmediatos para la salud y el medio ambiente y finalmente se determinara la clasificación del derrame para determinar la magnitud del incidente, se lo dividirá en derrame menor, moderado o mayor.

Notificación y activación del plan de emergencia

Se realizará una notificación interna para informar al supervisor, el personal que detecta el derrame de hidrocarburos debe informar de forma inmediata al jefe o supervisor de turno para que pueda activar de manera inmediata para controlar el derrame, una vez identificamos el derrame y comunicamos al supervisor se activa la alarma para hacer conocer a todo el personal de la problemática que está sucediendo en el pozo y tomar las medidas correspondientes.

Si el derrame de petróleo es significativo se realizará una notificación externa el cual tiene que priorizar notificar a las autoridades ambientales que incluye tanto a las agencias locales, regionales y nacionales responsables de medio ambiente, si es necesario contar con el cuerpo de emergencia como ser los bomberos o otros organismos de respuesta de emergencias y finalmente notificar a los líderes comunarios y residentes cercanos al sitio del derrame.

Evacuación y control de acceso

La evacuación y control de acceso son componentes críticos dentro del plan de contingencias en caso de un derrame de petróleo en el pozo, con ello aseguramos la seguridad de las personas y mantener el control del sitio que es esencial para una respuesta efectiva

Es primordial tener una ruta de evacuación cuando tengamos un derrame de petróleo el cual tiene que identificar y señalar claramente las rutas para evacuar de forma segura al personal y asegurar que todo el personal siga las rutas establecidas, para que la ruta de evacuación tenga un resultado positivo es necesario contar con guías de evacuación el cual se designara a un trabajador capacitado o un ingeniero de seguridad como un guía para dirigir la evacuación y asegurar que todos sigan las rutas establecidas. Como alternativa es importante una asistencia a personas vulnerables para asegurar que el personal que resultó afectadas por el derrame reciba la asistencia adecuada para evacuar.

El control de acceso es muy importante, debemos realizar un perímetro de seguridad alrededor de la zona afectada para impedir el acceso no autorizado al personal, es crucial tener diferentes puntos de control en todas las entradas y salidas del área de peligro para monitorear y controlar el acceso y finalmente tener un personal de seguridad capacitado para vigilar los puntos de control tanto de entrada y salida.

Contención del derrame

Para la contención del derrame se evaluará el cierre de pozo o la válvula para detener el flujo de petróleo, es importante el uso de barreras de contención alrededor del área afectada para evitar la propagación del petróleo y finalmente se usará un material absorbente como mantas, almohadillas, entre otros, esto con el fin de aplicar en las áreas donde el petróleo está presente en menor cantidad o en superficies sólidas.

Limpieza del derrame

La preparación para la limpieza del derrame de petróleo es fundamental que se debe llevarse a cabo de manera cuidadosa para minimizar el impacto ambiental y restaurar la zona afectada, primeramente, el personal que interviene en un derrame de petróleo tiene que tener el equipo de protección personal para asegurar que todos los trabajadores tengo el equipo de protección adecuado, como guantes, botas, máscaras y trajes protectores con el fin de salvaguardar la integridad de las personas.

Contar con todos los recursos y equipos para combatir el derrame que serán de vital importancia para la limpieza de la zona afectada, incluyendo materiales absorbentes, skimmers, bombas, contenedores y equipos de descontaminación.

Disposición de residuos

Para la disposición de residuos de petróleo tenemos que usar contenedores que sean adecuados para poder almacenar temporalmente los materiales contaminados, es muy importante que estos contenedores tengan las condiciones necesarias para mantener el residuo de petróleo y no se disperse

por el área, tienen que ser resistentes a derrames y fugas, es importante establecer las zonas de almacenamiento designadas las cuales serán áreas específicas y seguras para el almacenamiento temporal de los residuos y finalmente que estos contenedores que almacenaran los residuos de petróleo estén cubiertas y tengan sistemas de contención secundaria para prevenir la contaminación del suelo y el agua.

Luego de tenerlo en contenedores temporales debemos transportar en vehículos autorizados y diseñados para el transporte de materiales peligrosos, cumpliendo con todas las regulaciones de transporte de residuos peligrosos, con ello tener toda la documentación necesaria para el transporte de residuos, incluyendo hojas de datos de seguridad, manifiestos de residuos y permisos de transporte.

Para finalizar la disposición de los residuos es importante la selección de instalaciones con el fin de identificar y seleccionar las instalaciones de tratamiento y disposición final autorizadas y certificadas para manejar residuos de petróleo, utilizar los métodos de tratamiento necesarios para los diferentes tipos de residuos, como incineración para materiales altamente contaminados, la biorremediación para suelos y otros tratamientos específicos para residuos absorbentes y finalmente asegurar que los residuos tratados sean dispuestos de manera segura en vertederos autorizados para los residuos peligrosos o instalaciones de disposición final adecuadas.

1.1.1.6 Restablecimiento y evaluación

El restablecimiento y la evaluación son pasos esenciales para asegurar la recuperación completa del área afectada por un derrame de petróleo y para mejorar la respuesta a futuros incidentes.

Primeramente, se realizará una inspección detallada del área afectada para identificar cualquier residuo de petróleo o daño residual, posterior a la inspección realizar un monitoreo ambiental con el fin de evaluar la calidad de suelo y aire para detectar posibles contaminantes residuales y finalmente realizar un informe preliminar para documentar los hallazgos de la inspección inicial y preparar un informe preliminar sobre el estado del área.

Elaborado por: Univ. Paola Poquechoque	Revisado por:	Aprobado por:
---	---------------	---------------

CAPITULO III CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

Se obtiene como resultado principal el análisis de evaluación de impacto ambiental, mediante la herramienta de matriz Leopold, “Derrames De Petróleo En El Pozo “Rio Grande–27 Re-ST”, llegando a la conclusión que es evidente el derrame de hidrocarburos y obteniendo una valoración de impactos del 92 que corresponde a un impacto severo, considerando que los daños más predominante es a la calidad del agua subterránea y superficial, suelo, la fertilidad del suelo, zonas agrícolas también llamados de cultivo y principalmente la salud humana.

3.2 Conclusiones

- ▶ Se realizó la descripción de forma detallada el sistema petróleo, considerando la clasificación de los yacimientos analizando que el pozo de estudio pertenece a un yacimiento de hidrocarburos convencional, también se considera que el reservorio es de tipo condensado quiere decir que el gas almacenado en subsuelo se encuentra mezclado con hidrocarburos líquidos, finalmente se realiza los tipos o clasificaciones que existe de perforación de pozo analizando que el pozo RGD-27 es de tipo productor.
- ▶ Se identificó las causas y consecuencias del derrame de hidrocarburos en pozos petroleros, considerando la definición de derrame petrolero, donde suelen producirse los derrames de petróleo por ejemplo en el cabezal del pozo, las líneas de producción, los tanques de almacenamiento y durante el transporte del hidrocarburo, se definirán los tipos de contaminación, clasificando derrames en los suelos y aguas, eventos históricos de derrame de petróleo considerando el Golfo de México una de las importantes porque se derramo 800 millones de litros de petróleo en el océano, finalmente se considera el marco normativo que se debe de cumplir.
- ▶ Se realizó el uso de la herramienta de evaluación de impacto ambiental, matriz Leopold, Derrames De Petróleo En El Pozo “Rio Grande–27 Re-ST”, obteniendo un valor significativo de 92 que se encuentra como impacto severo esto quiere decir que

se tiene que tener mucho más cuidado con este tipo de fenómenos de derrames ya que causa severos problemas ambientales, sociales y económicas.

► Se realizó la descripción las técnicas de biorremediación clasificándose en tratamientos químicos in situ y ex situ para combatir los suelos contaminados por derrame de petróleo, considerando para es un proceso que utiliza organismos vivos, como bacterias, hongos, plantas u otros microorganismos, para eliminar o reducir contaminantes presentes en el medio ambiente.

3.3 Recomendaciones

► Se recomienda notificar inmediatamente en caso de presenciar un derrame de petróleo, es crucial notificar de inmediato a las autoridades locales, como la agencia de protección ambiental, agentes reguladores del país, para que puedan iniciar los protocolos de respuesta.

► Se recomienda no realizar la limpieza del derrame ya que existen personal calificado y equipos especiales. No intentes limpiarlo por tu cuenta, ya que podrías poner en riesgo tu salud y empeorar la situación.

► Se recomienda evaluar los impactos ambientales, una vez que se haya contenido el derrame, es importante evaluar los impactos ambientales en el área afectada. Esto ayudará a determinar el alcance de los daños y las medidas necesarias para la recuperación.

► Se recomienda prevenir futuros derrames, se deben implementar medidas preventivas, como inspecciones regulares de instalaciones petroleras y el uso de tecnologías más seguras, para prevenir futuros derrames de petróleo.

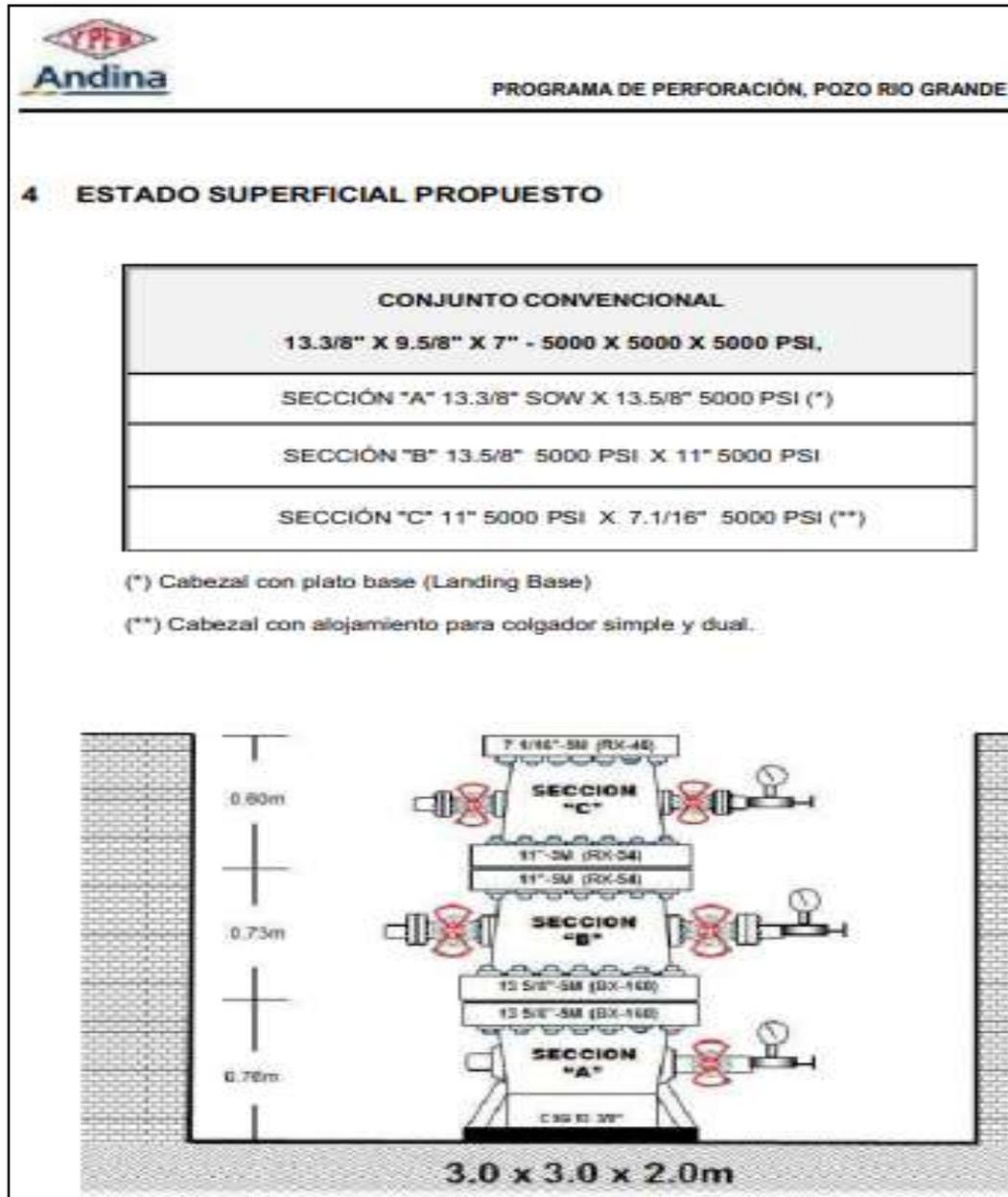
BIBLIOGRAFÍA

- 1) Alvarado Perez, F. (2015). Elaboracion Matriz Leopold .
- 2) ANH, A. N. (2017). Resolucion Administrativa RAR-ANH-ULGR N0272/2017. La Paz.
- 3) Colwell, L. (1990). Contaminacion de Suelos.
- 4) Constitucion De La Republica De Bolivia. (1996). Decreto Supremo N°24335.
- 5) Constitucion De La Republica De Bolivia. (2005). Decreto Supremo 28397.
- 6) Constitucion Politica Del Estado. (2005). Ley De Hidrocarburos N°3058.
- 7) Eatic. (2016). Energia, Petroleo y Minas. Lima.
- 8) GAMSC. (2015). Informacion departamental de Santa cruz. Santa Cruz.
- 9) Herbert, H. (2020). Ingenieria de la Perforacion de pozos. Mexico.
- 10) IBMETRO. (2022). Instituto boliviano de metrologia IBMETRO. LA PAZ, BOLIVIA .
- 11) Informes YPFB Chaco S.A & Reportes de ANH. (s.f.).
- 12) ISO 45001. (2015). sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo. EEUU.
- 13) ISO 9001. (2015). Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos.
- 14) Kaindl, M. (2012). Exploracion y Explotacion De Hidrocarburos. Instituto Argentino Del Petroleo y Del Gas, Buenos Aires.
- 15) La comunidad petrolera. (2009).
- 16) Lea, D. B. (2009). Analisis de un sistema de produccion y analisis NODAL. OilProduction.
- 17) Leopold. (2016). Matruz de Leopold. Green Progress .
- 18) Management, M. (2023). Grandes desastres de derrame y vertidos de petroleo. Zaragoza.
- 19) Millan, R. A. (2015). Optimizacion de los sistemas de perforacion y terminacion de pozos. Universidad Nacional Autonoma De Mexico , Mexico.

- 20) Mira, P. (2016). Diferencias entre biorremediacion y biodegradacion. madrid.
- 21) MOLDEX. (2020). Derrame de petroleo. EE.UU.
- 22) Nosor, C. (2019). Geologia y geomorfologia de santa cruz .
- 23) PDVSA. (2017). Soberania Petrolera.
- 24) PDVSA. (2023). Exploracion de pozos petroleros. Argentina .
- 25) PROSERTEK. (2023). Consecuencias de un derrame de petroleo. Madrid.
- 26) Republica De Bolivia, C. D. (1992). Ley Del Medio Ambiente N°1333.
- 27) UNAM. (2018). Operaciones criticas de perforacion de pozos.
- 28) Wastech. (2015). Limpieza Profesional de Tanques de Combustible. Wastech.
- 29) YPFB ANDINA . (2016). Area de contrato Rio Grande programa de perforacion . Santa Cruz De La Sierra - Bolivia: YPFB .
- 30) YPFB CORPORACION . (2018). Estudio de ingenieria conceptual ampliacion del sistema de gas virtual. La Paz.
- 31) YPFB LOGISTICA. (2021). YPFB Logística. La Paz.
- 32) YPFB REFINACION. (s.f.).
- 33) YPFB REFINACION S.A. (2013). FICHA TECNICA DE COMBUSTIBLES . LA PAZ .

ANEXOS

Anexo 1. Programa de perforación, pozo Rio Grande.



Fuente: Obtenido de Programa de perforación, pozo Rio Grande,2015.

Anexo 2. Whipstock Tool Report Pozo RGD-27

WHIPSTOCK TOOL REPORT		PETROLOG SERVICIOS PETROLEROS S.A.		Petrolog						
INFORMACION GENERAL:										
EMPRESA	YFPB ANDINA S.A.	CLIENTE NO.	Ing. M. Gómez / Y. Tangue	UBICACION	Rio Grande					
ALIAS	YFPB-03	APROBADO POR	Ing. D. De Las Rivas / E. Hernandez	FECHA	08/NOV/22					
CODIGO POZO		INDICACION	72128407	FLUIDO	Gas					
INFORMACION POZO:										
PROFUNDIDAD	9.4	TIPO DE POZO	0.85648855	ALCANTARILLA	7.65 m					
Lodo base Agua (C#E H)										
INFORMACION TUBERIA:										
TIPO	TAMANO	GRADO	CONN.	WT.	AFRON WT.	MAX. ODI	TUBE ID.	TOOL JT. ID.	CAF. BR/WT.	TENSILE NPS
CASING	7	N-80		25	0.56m	7	6.276		0.0383 SF	
CASING	7	N-80		23	56-2333.7m	7	6.306		39368.5216 SF	
CASING	7.000	N-80		26	2333.7 - 2724 m	7.000	6.276		0.0383 SF	
TBG 1	3.800	S-135	IF	13.3		6.250	2.802		0.0066 SF	
INFORMACION ADICIONAL:										
PERFORACIONES										
TOPE DE LINER:										
<input type="checkbox"/> HAY <input type="checkbox"/> NO HAY <input type="checkbox"/> PROFUNDIDAD <input type="checkbox"/> TIPO DE TOPE DE LINER <input type="checkbox"/> TIPO DE TOPE DE LINER										
DIAGRAMA PROPUESTO PARA LA CORRIEDA:										
No.	TOP DEPTH	LENGTH	MAX OD	MIN ID	TOOL DESCRIPTION	COMMODITY SER.				

Fuente: Obtenido de Petrolog Servicios, 2022.

Anexo 3. Reparaciones de operaciones de arreglo de tubería.

RIO GRANDE – 27 ReST	
Plan Detallado de Operaciones Bajada arreglo de PDP Fm "Iquiri"	
VERSION 1.0	
REPARACION Y ALISTAMIENTO	RESPONSABLE
Preparación y revisión del Arreglo de Prueba.	Marriott / Company Man.
Todo el personal y el equipo para bajar Arreglo de Prueba. Calibrar con Drift el TBG 2-7/8" PJD en caballetes. Calibre provisto SLK (Equipetrol)	Marriott
Revisar el OD / ID de todos los tubulares (pup joints, XOs) y que conforman el ensamble de trabajo.	Marriott/Equipetrol
Probar hermeticidad de conjunto: Packer 5" Retrievmatic+ XO 2-7/8" BRD (P) x .7/8" PJD (B) + Nipple Asiento "XN" 2-7/8" PJD.	Marriott/Equipetrol
Equipos de SLK para carrera de calibración e instalación de Tapon "N"	Equipetrol
Equipos de Well Testing montado y probado en superficie.	Equipetrol
Realizar check list pre- trabajo y permisos de trabajos correspondientes	GSA, Marriott, Equipetrol, Company Man
FOSV 3-1/2" IF + XO a conexión 2-7/8" PJD.	Marriott.

Fuente: Obtenido de YFPB ANDINA S.A.2022.

Anexo 4. Derrame de petróleo en superficie pozo RGD - 27



Fuente: Obtenido de Marriott Drilling, 2020.

Anexo 5. Derrame de petróleo pozo RGD - 27



Fuente: Obtenido de YPFB ANDINA S.A.2022.